

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PRODUK TAR
DAN CHAR HASIL PIROLISIS DAUN TEMBAKAU DENGAN
ZEOLIT 25% mt**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD ROMADHONA
NIM. 145060207111019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *TAR* DAN *CHAR* HASIL PIROLISIS DAUN TEMBAKAU DENGAN ZEOLIT 25% mt

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



MUHAMMAD ROMADHONA

NIM. 145060207111019

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 2 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

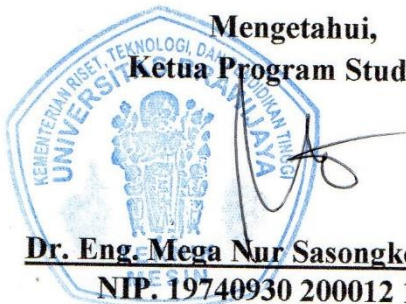
Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

Dosen Pembimbing II

Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.
NIP. 19720903 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PRODUK *TAR* DAN *CHAR* HASIL PIROLISIS DAUN TEMBAKAU DENGAN ZEOLIT 25% mt

Nama Mahasiswa : Muhammad Romadhona

NIM : 145060207111019

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Teknik Konversi Energi

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.

Pembimbing II : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

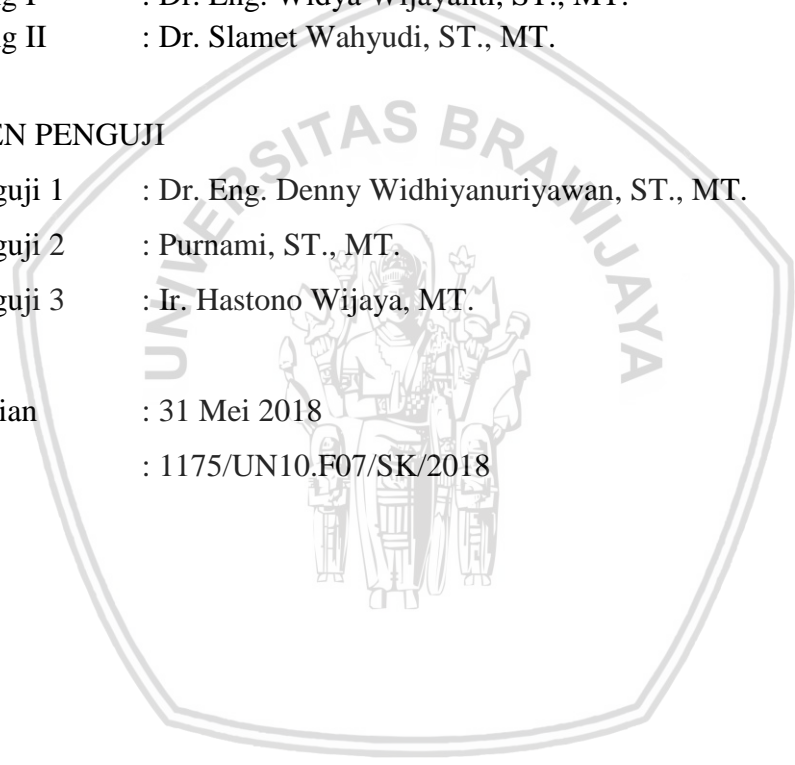
Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Purnami, ST., MT.

Dosen Penguji 3 : Ir. Hastono Wijaya, MT.

Tanggal Ujian : 31 Mei 2018

SK Penguji : 1175/UN10.F07/SK/2018



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 22 Mei 2018
Mahasiswa,



Muhammad Romadhona
NIM.145060207111019





TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 067/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

MUHAMMAD ROMADHONA

Dengan Judul Skripsi :

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TERHADAP PRODUK TAR DAN CHAR HASIL
PIROLISIS DAUN TEMBAKAU DENGAN ZEOLIT 25% m³

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **02 JUL 2018**

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D.
NIP. 19670518 199412 1 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin



Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001



**Saya Persembahkan Untuk
Bapak Ibu Tercinta
Saksi Kehidupan Saya Sampai Saat Ini**

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kita panjatkan beribu ribu rasa syukur kita terhadap Allah SWT karena kita semua masih diberikan kesehatan dan kesempatan dalam menjalankan kehidupan yang sangat indah ini, tidak lupa kita sampaikan sholawat serta salam kepada junjungan kita, nabi kita, Rosul kita, Muhammad SAW karena berkat beliau lah yang telah berhasil membawa kita dari jaman kegelapan dari jaman jahiliyah menuju jaman sekarang jaman yang terang benderang jaman yang penuh ilmu pengetahuan dan teknologi, yang terakhir tak lupa kita sampaikan kepada malaikat tak bersayap kita yaitu kedua orang tua kita, karena pada dasarnya kesuksesan yang kita raih sekarang keberhasilan yang ada pada diri kita sampai detik ini tak akan pernah terwujud dari doa restu kedua orang tua kita maka dari itu senantiasa kita mendoakan setiap waktu agar mendapat keringanan di akhirat kelak,

Karena berkat semua ini penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Produk *Tar* dan *Char* Hasil Pirolisis Daun Tembakau Dengan Zeolit 25%*mt*”**. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, akan tetapi diharapkan segala usaha yang telah dilakukan dapat menjadi ilmu yang bermanfaat.

Selama proses penulisan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dukungan yang didapat tidak mungkin skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis dengan tulus hati ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Teguh Dwi Widodo, ST., M.Eng., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan pandangan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

4. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Konversi Energi dan juga selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak bimbingan, bantuan, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, bantuan, serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua serta dan kakak dari penulis yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta doa yang tak terhingga sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman M'14 yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penyelesaian skripsi ini.
8. Teman teman Kingdom yang telah menemani saya dari maba hingga saat ini
9. Seluruh kuota SC ProbinMaba yang memberikan peran aktif di dalam dunia kemahasiswaan saya selama 4 tahun di mesin UB ini
10. Teman di Kala Tua Himpunan Mahasiswa Mesin pada jamannya
11. Saudara Obi, Fraghian dan Reza yang telah memberikan kritik dan saran serta ilmu untuk penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Berbagai pihak yang telah memberikan banyak dukungan yang tidak ternilai.

Akhir kata, semoga amal, bantuan, bimbingan dan doa yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua. Aamin.

Malang, Mei 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pirolisis	5
2.2 Biomassa	6
2.3 <i>Catalytic Cracking</i>	7
2.4 Zeolit	8
2.5 Katalis	9
2.6 Komponen Biomassa	10
2.6.1 Selulosa	10
2.6.2 Hemiselulosa	11
2.6.3 Lignin	11
2.7 Penelitian Sebelumnya	12
2.8 Produk Hasil Pirolisis	14
2.8.1 <i>Tar</i>	14
2.8.2 <i>Char</i>	14
2.8.3 Gas	15
2.9 Sifat Fisik dari Bahan Bakar	15
2.9.1 Massa Jenis	15
2.9.2 Viskositas	16
2.9.3 Titik nyala Api	16
2.9.4 Nilai Kalor	16

2.10	Tembakau	17
2.11	Hipotesa.....	18
2.12	Pengaruh Variasi Temperatur.....	18
2.13	Bahan bakar.....	18
2.13.1	Bahan bakar cair	19
2.13.2	Bahan bakar padat	19
2.14	SEM-EDX.....	20

BAB III METODOLOGI PENGUJIAN

3.1	Metode Penelitian.....	23
3.2	Tempat Pelaksanaan	23
3.3	Variabel Penelitian	23
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	24
3.4.1	Alat Yang Digunakan	24
3.4.2	Bahan Yang Digunakan.....	29
3.5	Prosedur Penelitian.....	30
3.5.1	Pirolisis Dengan Katalis Zeolit 25%	30
3.6	Diagram Alir Penelitian	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil.....	33
4.2	Pembahasan	34
4.2.1	Massa Tar dan Char	34
4.2.2	Volume Tar dan Char	35
4.2.3	Massa Jenis Tar	36
4.2.4	Viskositas Tar	37
4.2.5	Titik Nyala Api Tar	38
4.2.6	Nilai Kalor Tar	39
4.2.7	Massa Jenis Char	40
4.2.8	Nilai Kalor Char	41
4.2.9	Hasil SEM-EDX.....	42

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran.....	43

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Parameter operasi dan produk pirosalisis untuk proses pirolisis	5
Tabel 2.2	Kandungan kimia tembakau.....	17
Tabel 2.3	Nilai kalor dari Batubara	20
Tabel 4.1	Kandungan Unsur <i>SEM-EDX</i>	42



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Sumber-sumber biomassa	6
Gambar 2.2	Rangka bangun zeolit	8
Gambar 2.3	Pori pori dalam zeolit	8
Gambar 2.4	Peran Energi Aktivasi	9
Gambar 2.5	Selulosa	10
Gambar 2.6	Hemiselulosa	11
Gambar 2.7	Lignin	12
Gambar 2.8	Hubungan Temperatur Terhadap Volume <i>Char</i>	13
Gambar 2.9	Daun Tembakau	17
Gambar 2.10	Pembentukan radikal bebas karena thermal cracking	18
Gambar 3.1	Oven	24
Gambar 3.2	<i>Moisture Analyzer</i>	25
Gambar 3.3	Instalasi penelitian	26
Gambar 3.4	<i>Pyrolyzer</i>	27
Gambar 3.5	Dapur Listrik	27
Gambar 3.6	Laptop	28
Gambar 3.7	<i>Viscometer</i>	28
Gambar 3.8	<i>Flash Point</i>	29
Gambar 3.9	<i>Bomb Calorimeter</i>	29
Gambar 3.10	Daun Tembakau	30
Gambar 3.11	Zeolit	30
Gambar 3.12	<i>Flowchart</i> Penelitian	30
Gambar 4.1	Hubungan antara temperatur terhadap massa tar dan char	34
Gambar 4.2	Hubungan antara temperatur terhadap volume tar dan char	35
Gambar 4.3	Hubungan antara temperatur terhadap massa jenis tar	36
Gambar 4.4	Hubungan antara temperatur terhadap viskositas tar	37
Gambar 4.5	Hubungan antara temperatur terhadap titik nyala api tar	38
Gambar 4.6	Hubungan antara temperatur terhadap nilai kalor tar	39
Gambar 4.7	Hubungan antara temperatur terhadap massa jenis char	40
Gambar 4.8	Hubungan antara temperatur terhadap nilai kalor char	41
Gambar 4.9	Foto residu padat hasil pengujian SEM-EDX	43
Gambar 4.10	Reaksi Dehidrasi	44

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data SEM-EDX
Lampiran 2 Pengolahan Data Hasil Pirolisis



RINGKASAN

Muhammad Romadhona, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Produk Tar dan Char Hasil Pirolisis Daun Tembakau dengan Zeolit 25% mt.* Dosen Pembimbing Dr.Eng. Widya Wijayanti ST., MT., Dr. Slamet Wahyudi ST., MT

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal dari suatu biomassa tertentu tanpa menggunakan oksigen ataupun sedikit oksigen yang akan menghasilkan *tar*, *char* dan gas. Dalam hal ini biomassa yang dipakai adalah daun tembakau dengan menggunakan zeolit 25 %. Biomassa merupakan sampah organik yang nanti dapat digunakan untuk sesuatu yang lebih bernilai harganya dan diubah menjadi sumber energi terbarukan. Dalam hal ini adanya tambahan katalis yang diharapkan hasil pirolisis daun tembakau ini akan menghasilkan produk yang lebih banyak daripada yang tidak menggunakan zeolit. Prinsip dasar katalis disini yaitu dengan cara menurunkan energi aktivasi dari suatu reaksi agar reaksi bisa berjalan lebih cepat dari biasanya.

Penelitian ini menggunakan biomassa daun tembakau dengan zeolit 25% mt, dengan variasi temperature 350°C, 450°C, 550°C, 650°C. lama waktu yang dilakukan yaitu selama 2 jam dengan massa daun tembakau 100 gram dan ditambahkan dengan zeolit sebanyak 33,33 gram.

Dari penelitian yang telah dilakukan pirolisis menggunakan zeolit menghasilkan produk *tar* dan *char* yang lebih besar dibandingkan dengan yang tidak menggunakan zeolit. Semakin temperature dinaikkan maka massa *tar* dan volume *tar* akan cenderung naik sampai titik optimum. Lalu pada massa dan volume *char* akan cenderung menurun. Hal ini serupa dengan massa jenis, viskositas dan flash point dari *tar*, semakin temperature dinaikkan maka dari ketiga sifat fisik ini akan semakin menurun pula. Hal ini berbeda dengan nilai kalor baik *tar* dan *char* akan selalu mengalami peningkatan seiring pertambahan temperatur

Kata Kunci : Pirolisis, Daun Tembakau, Katalis, Zeolit, *Tar*, *Char*

SUMMARY

Muhammad Romadhona, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Produk Tar dan Char Hasil Pirolisis Daun Tembakau dengan Zeolit 25% mt.* Dosen Pembimbing Dr.Eng. Widya Wijayanti ST., MT., Dr. Slamet Wahyudi ST., MT

Pyrolysis is the process of thermal decomposition of biomass without oxygen or little oxygen which produce tar, char and gases. In this case biomass that used is tobacco leaf with zeolite 25%. Biomass is an organic waste that can use for something more valuable and can change into renewable energy sources. In this case, with the additional catalyst that expect is pyrolysis product of tobacco leaf will produce more product than without zeolite. The basic principle of catalyst is reduce activation energy from the reaction so that the reaction will be move more faster than usual.

This Research use the tobacco leaf of biomass with zeolite 25% wt, with the temperature variety 350°C, 450°C, 550°C, 650°C. and length of time required is 2 hours with mass of leaf is 100 gram and added with zeolite 33,33 gram.

From this research have been done, pyrolysis with zeolite produce tar and char more larger than without zeolite. If the temperature increased will be change in mass and volume of tar is also increased until optimum point. And then, in the mass and volume of char is decreased. This phenomenon happen in density, viscosity and flash point of tar, if the temperature increased will be decreased in three of this physical properties. But this phenomenon is different at heating value of tar and char, if the temperature increased will be increased that heating value too

Keyword : *Pyrolysis, Tobacco leaf, Catalyst, Zeolite, Tar, Char*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Persoalan mengenai bahan bakar seolah tak ada habisnya, pada dasarnya semua yang ada di dunia ini membutuhkan energi. Salah satu bahan bakar untuk menciptakan energi adalah minyak bumi. Sudah jelas dari berbagai info media menerangkan bahwa konsumsi minyak bumi dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan yang menyebabkan habisnya bahan bakar minyak bumi di dunia. Berbagai cara dilakukan untuk menggantikan bahan bakar minyak bumi yang tidak lain tujuannya adalah untuk mendapatkan bahan baru terbarukan.

Mengacu pada data kementrian ESDM (2006) cadangan minyak bumi yang ada di Indonesia hanya tersisa kurang lebih 9 miliar barel. Ditambah lagi konsumsi BBM sebesar 1, juta/barel yang tidak seimbang dengan nilai produksinya yaitu sebesar 1 juta/barel. Dari data yang diberikan sudah jelas bahwa diperkirakan dalam 2 dekade yang akan mendatang minyak bumi ini kan habis. Pasti hal ini akan berdampak pada kelangsungan hidup dan melakukan semua aktivitas, tentunya pada rakyat Indonesia khususnya.

Biomassa sebagai salah satu sumber energi terbarukan tercatat sebagai salah satu sumber energi alternatif yang akan digunakan menjawab persoalan tentang bahan bakar yang semakin menipis. Ketika di teliti lebih dalam mengenai kandungan yang ada dalam biomassa, diambil kesimpulan bahwa biomassa cocok diambil sebagai salah satu yang dapat dipilih untuk sumber daya terbarukan. Kandungan lignocellulosic biomassa sangat baik jika ditinjau dari segi kimia, selain itu dilihat dari ketersediaan yang ada sangat melimpah yang dianggap sampai tahun tahun mendatang masih ada yang nantinya bisa menggantikan sumber bahan bakar dari fosil.

Salah satu contoh dari biomassa yang bisa digunakan adalah tembakau. Tembakau adalah salah satu produk dari hasil pertanian yang diambil dan digunakan untuk kegiatan sehari hari. Daun dan batang dari tembakau memiliki banyak manfaat yang ada. Biasanya untuk pestisida dan bahan baku rokok. Dari data yang ada dari tahun 2015-2017 khususnya di provinsi jawa timur produksi tembakau dari tahun ke tahun mengalami peningkatan yaitu secara berturut turut 99.743 ton, 99, 876 ton, dan 100, 411 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan 2016). Salah satu kota penghasil tembakau di Jawa Timur adalah Kota Jember. Di kota ini terdapat koperasi yang biasanya mengeksport cerutu ke Eropa, dan limbah dari

tembakau ini harapannya digunakan ke teknologi tepat guna untuk sekali panen yang biasanya membutuhkan 3 bulan dari awal panen yaitu sebesar 5 ton, terdiri dari 2,5 ton daun tembakau dan 2,5 ton batang tembakau.

Tembakau ini berpotensi menjadi biofuel/ biooil, ilmuwan dari *School of Biological Sciences*. Mendapatkan spesies pohon tembakau yang mempunyai senyawa yg bisa digunakan sebagai biofuel. Tumbuhan ini juga bisa dipastikan sumber pemasok bioethanol dan biodiesel, yang nantinya akan dipakai sebagai bahan bakar kendaraan dalam bentuk sebenarnya yang nantinya bisa meningkatkan pencarian sumber energi terbarukan yang tujuannya nanti mengurangi emisi gas rumah kaca yang juga menurunkan konsumsi energi berbasis fosil (Pradipa, 2012).

Metode pirolisis nantinya akan dipilih agar dapat mengurai kandungan kandungan senyawa yang ada pada tembakau yang akan digunakan hasilnya dalam bentuk cairan dan juga padatan. Dari penelitian ini akan ditambahkan katalis yang berupa zeolit 25% dari massal total, dari penelitian sebelumnya didapat bahwa penambahan zeolit 25% akan meningkatkan hasil produk *tar* dari pada yang tidak memakai zeolit. Dan juga dengan ditambahkan zeolit akan membantu dekomposisi yang terjadi pada *char* akan semakin cepat, sementara untuk zeolit sendiri tidak ikut terdekomposisi. Diharapkan nantinya hasil dari daun tembakau dengan menggunakan metode pirolisis ini dapat mereduksi limbah menjadi hal yang lebih bermanfaat dan juga menjadi solusi terbaik demi menjawab permasalahan-permasalahan mengenai menipisnya bahan bakar saat ini.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalahnya yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik yaitu massa jenis *tar* dan *char*, nilai kalor *tar* dan *char*, viskositas *tar*, serta titik nyala api *tar* hasil pirolisis daun tembakau dengan zeolit 25%?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap produk yaitu massa serta volume *tar* dan *char* hasil pirolisis daun tembakau dengan zeolit 25%?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalahnya yaitu:

1. Biomassa yang digunakan yaitu daun tembakau
2. Kandungan air pada daun tembakau 10 %
3. Ukuran daun tembakau dianggap sama

4. Katalis yang digunakan yaitu zeolit 25% massa total
5. Jenis pirolisis yang digunakan adalah *fixed bed*
6. Pada proses pemindahan daun tembakau setelah dikeringkan ke *pyrolyzer* dianggap tidak mempengaruhi kadar air daun

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap produk yaitu massa serta volume *tar* dan *char* yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau dengan katalis zeolit 25%.
2. Mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap sifat fisik yaitu massa jenis *tar* dan *char*, nilai kalor *tar* dan *char*, viskositas *tar*, serta titik nyala api *tar* yang diamati dari hasil pirolisis daun tembakau dengan katalis zeolit 25%.
3. Mereduksi limbah daun tembakau menjadi bahan bakar

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

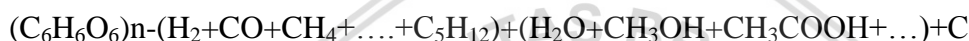
1. Mampu mengaplikasikan materi yang ada di perkuliahan
2. Mendapatkan sumber energi terbarukan dari limbah daun tembakau yang akan dipakai kedepannya
3. Mendapatkan data yang didapat dari hasil penelitian yang akan dipakai untuk perbandingan dari penelitian-penelitian lainnya
4. Dapat mensubstitusi bahan bakar dengan bio fuel hasil pirolisis daun tembakau



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termo-kimia dimana bahan organik atau biomassa diubah menjadi materi padat dan mudah menguap yang kaya karbon dengan pemanasan temperature tertentu dengan adanya sedikit oksigen atau tanpa oksigen (Bronswort A, 2009). *Char*, *tar*, dan gas merupakan produk dari pirolisis ini. Proses pirolisis nantinya bertujuan untuk memecah rantai karbon yang panjang menuju ke rantai karbon yang lebih sederhana yang terdiri dari 3 bentuk, yaitu berbentuk gas, cairan, dan juga padatan. Pirolisis sederhana akan dijelaskan di reaksi kimia berikut.



Berdasarkan perkembangan teknologi di dalam pirolisis, ada 3 jenis dalam pelaksanaannya yaitu: *Slow pyrolysis*, *Fast Pyrolysis*, dan *Flash Pyrolysis*. Gambar dibawah ini menunjukkan beberapa perbedaan karakteristik dalam 3 jenis teknologi pirolisis:

Tabel 2.1

Parameter operasi dan produk pirolisis untuk proses pirolisis

<i>Pyrolysis Technology</i>	<i>Process Residence Time (S)</i>	<i>Heating Rate (K/s)</i>	<i>Temperature</i>	<i>Product</i>		
				<i>Char</i>	<i>Bio-oil</i>	<i>Gases</i>
Slow	450-550	0.1-1	550-950°K	35%	30%	35%
Fast	0.5-10	10-200	850-1250°K	20%	50%	30%
Flash	<0.5	>1000	1050-1300°K	12%	75%	13%

Sumber: Rasul (2012)

1. *Slow Pyrolysis*

Pirolisis konvensional atau yang akrab disebut dengan *slow pyrolysis*, biasanya dipanaskan dengan suhu 400-600 C pada waktu yang cukup lama yaitu sekitar 5-30 menit, beberapa produk hasil yang didapat kurang lebih setara sesuai table yang diatas. Hasil produk arang bisa diperoleh lebih maksimal dengan menggunakan biomassa yang mempunyai kandungan lignin yang lebih tinggi namun memiliki kandungan hemiselulosa yang lebih rendah. Ukuran partikel yang lebih kecil dari 1 mm disini tidak diperlukan karena waktu yang dibutuhkan cukup lama

2. *Fast Pyrolysis*

Di dalam *Fast Pyrolysis*, biomassa terurai begitu cepat untuk menghasilkan sebagian besar uap dan aerosol dan juga beberapa gas dan *char*. Setelah pendinginan terjadi dan

terkondensasi, terbentuklah pula gerak homogen yang bewarna coklat gelap. Cairan ini mempunyai nilai panas sekitar setengah dari bahan bakar minyak konvensional

Ada beberapa hal yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada pirolisis cepat yaitu:

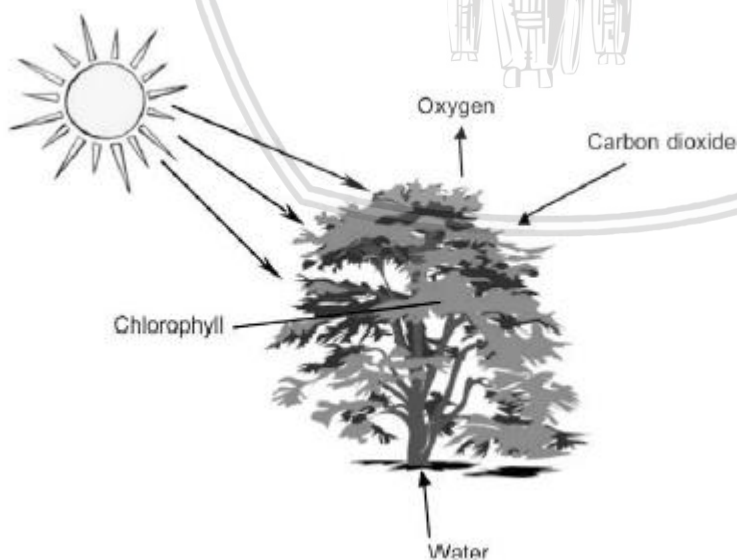
- Laju pendinginan yang cepat demi mendapatkan produk *bio-oil*
- Temperature pirolisis sekitar 400-600 C dengan waktu tahan pendek (biasanya < 2s).
- Pemanasan yang sangat tinggi dan juga laju perpindahan panas membutuhkan ukuran partikel biomassa yang sangat halus (<1 mm).

3. Flash Pyrolysis

Pirolisis yang cepat atau biasa disebut pirolisis kilat ini membutuhkan waktu yang sangat cepat dalam prosesnya mencapai waktu kurang dari 0.1 s. panas yang digunakan juga sangat tinggi yaitu sekitar 650-900°C. produknya mengandung gas yang dapat terkondensasi dan gas yang tidak dapat terkondensasi

2.2 Biomassa

Bahan-bahan organik yang asalnya dari makhluk hidup yang nantinya bisa menjadi sumber energi terbarukan disebut biomassa. Biomassa sering digunakan sebagai sumber energi terbaru dikarenakan nilainya yang ekonomis karena ramah lingkungan, karena energi yang terkandung dari biomassa ini berasal dari matahari.



Gambar 2.1 Sumber biomassa
Sumber: Basu (2010)

Pada dasarnya untuk menjaga agar perkembangan biomassa ini tetap melimpah yaitu harus banyaknya lahan pertanian yang ada. Jika dilihat dari letak geografis Negara

Indonesia di dunia sangat banyaknya dataran yang berkembang di sector pertanian, hal inilah yang membuat perkembangan biomassa di Indonesia tetap dikembangkan. Banyaknya lahan pertanian, berbagai hutan di Indonesia yang banyak tidak digunakan hasilnya dengan baik yang bisa mendorong untuk mengembangkan biomassa. Hemiselulosa, selulosa, dan lignin adalah susunan yang ada di biomassa. Pirolisis nantinya bisa terjadi ketika struktur terurai atau terdekomposisi.

2.3 Catalytic Cracking

Pirolisis katalitik yaitu pirolisis yang menggunakan katalis. Katalis disini akan berfungsi untuk memecah ikatan karbon yang panjang dari awal suatu biomassa menjadi ikatan karbon yang lebih pendek. Katalis disini nantinya mampu untuk membuat dekomposisi dari selulosa, hemiselulosa dan juga lignin menjadi lebih terpecah kedalam ikatan karbon yang lebih sederhana.

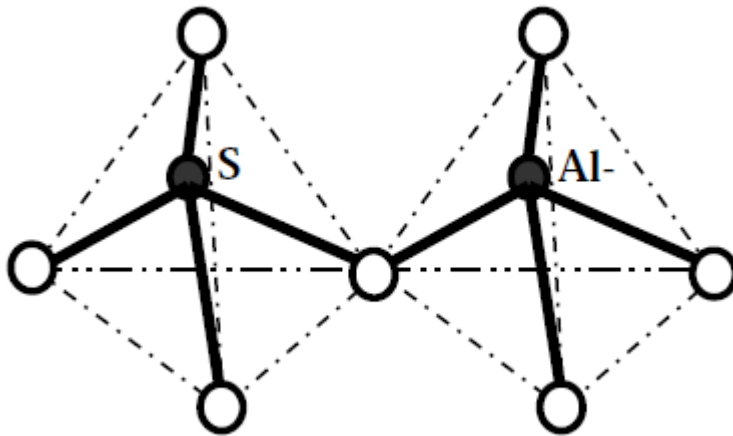
Mekanisme dari pirolisis katalik yaitu secara spontan akan merusak reaksi dari biomassa yang terjadi apabila ditambahkan dengan katalis tentang pembentukan ion karbenium. Ion karbenium adalah senyawa dengan memiliki ion positif 1 pada senyawa hidorkarbon. Contoh pada CH_4 akan dirubah menjadi C^+H_3 karena penambahan katalis. Pada dasarnya ion karbenium memiliki 3 fungsi utama dalam pirolisis yaitu:

1. Pemecahan ikatan karbon panjang menjadi karbon pendek
2. Proses isomerisasi
3. Transfer hidrogen

Dengan terbentuknya ion karbenium pada reaksi pirolisis katalitik memperpendek waktu yang dibutuhkan dalam memecah reaksi pirolisis (Sadeghbeigi, 2012).

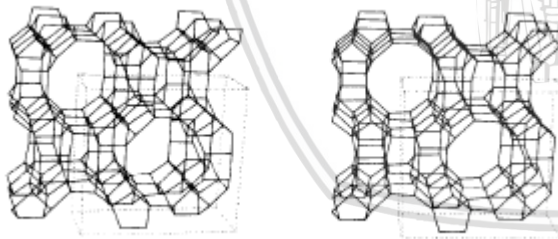
2.4 Zeolit

Salah satu parameter untuk menentukan perbedaan hasil pirolisis dari beberapa metode yang dipakai adalah menggunakan katalis yang akan berfungsi untuk mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi agar reaksi berjalan lebih cepat dari biasanya. Zeolit dipilih untuk menentukan katalis di pirolisis. Zeolit merupakan mineral aluminosilikat dengan struktur rangka 3 dimensi dan membentuk senyawa $[\text{SiO}_4]^{-4}$ dan $[\text{AlO}_4]^{-4}$ (Hadjar, Goenadi, 2004).



Gambar 2.2 Rangka bangun zeolit
Sumber: Hadjar, Goenadi (2004)

Dilihat dari strukturnya zeolit memiliki pori-pori yang berfungsi untuk menyerap senyawa kimia yang masuk ke dalam rangka zeolit. Dengan adanya aktivasi dengan suhu tertentu akan membuka pori-pori lebih lebar dan lebih aktif. Biomassa senyawa kimia yang kompleks akan terurai seiring temperature dinaikkan. Artinya pada ketika temperature mulai dinaikkan seiring pertambahan waktu akan memaksa dan memecah senyawa biomassa memasuki rongga dari zeolit. Dalam rongga zeolit tersebut senyawa biomassa yang kompleks akan selalu bertabrakan dan akan membuat senyawa dari biomassa tersebut terurai lebih cepat dari biasanya.



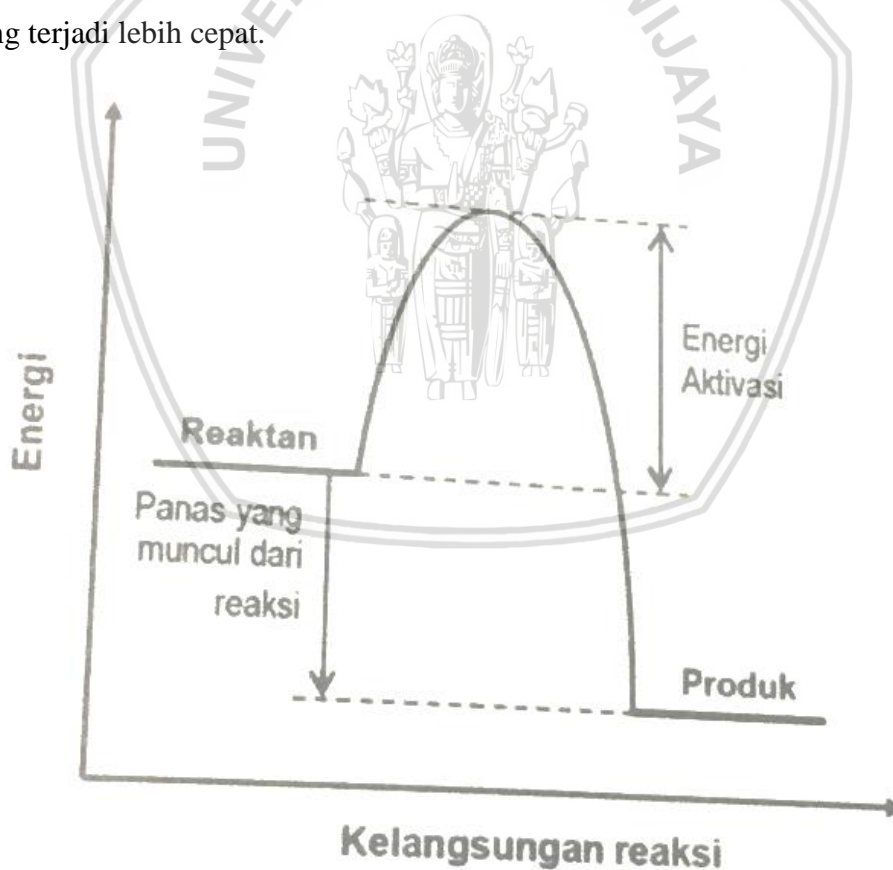
Gambar 2.3 Pori Pori dalam Zeolit
Sumber: Hadjar, Goenadi (2004)

Secara alami zeolit memiliki sifat penukar kation artinya kandungan atom atom di dalam zeolit dapat mudah lepas. Atom-atom umum didalam zeolit yang termasuk kedalam golongan alkali yaitu Natrium dan Kalium akan mudah lepas dan berikatan dengan logam lain yang tentunya terkandung kedalam biomassa yang dicampurkan. Karena keduanya memiliki elektron valensi 1. Secara umum sifat sifat zeolit sebagai katalis yaitu Kenaikan rasio Si/Al mempengaruhi pemecahan biomassa yang akan dipadukan dengan zeolit dan semakin reaktif karena secara umum sifat zeolit negatif akan mempermudah menarik kation pada senyawa yang dicampur (Danarto, 2010)

2.5 Katalis

Pada reaksi kimia yang terjadi dibutuhkan katalis yang fungsinya untuk mempercepat kecepatan reaksi kimia yang nantinya ini bisa digunakan di pirolisis tanpa adanya perubahan kimiawi di akhir reaksi. Dalam reaksi kimia salah satu parameter untuk memudahkan pengambilan hasil yaitu terhadap waktu. Jika melakukan pirolisis tanpa menggunakan katalis maka waktu yang terjadi lebih lama dari pada yang menggunakan katalis, karena katalis disini berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi dapat berjalan cepat karena energi yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukan berkurang.

Energi aktivasi merupakan energi minimum yang diperlukan untuk melangsungkan terjadinya suatu reaksi (Wardana, I.N.G, 2008). Syarat minimum terjadinya suatu reaksi adalah energi aktivasi sama dengan energi yang dibutuhkan untuk memecah suatu molekul atau bahkan lebih. Hal ini yang nantinya akan melangsungkan suatu reaksi. Molekul-molekul yang ada akan saling bertabrakan hingga terurai dan nantinya akan membentuk ikatan kimia yang baru. Katalis disinilah yang nanti akan digunakan dan dipakai agar reaksi yang terjadi lebih cepat.



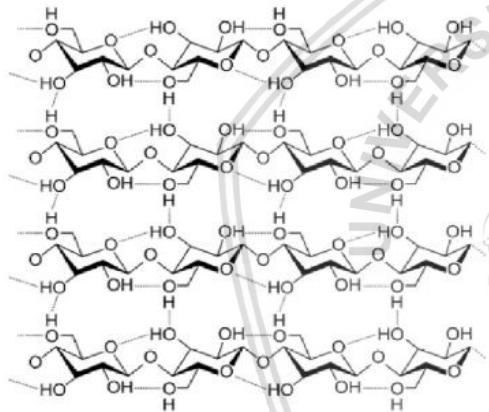
Gambar 2.4 Peran energi aktivasi
Sumber: I.N.G Wardana (2008)

2.6 Komponen Biomassa

Komponen utama dari biomassa terdiri dari 3 susunan, yaitu selulosa, hemiselulosa dan juga lignin. Dari ketiga kandungan tersebut yang nantinya akan menentukan seberapa besar hasil dari *tar*, *char*, dan gas

2.6.1 Selulosa

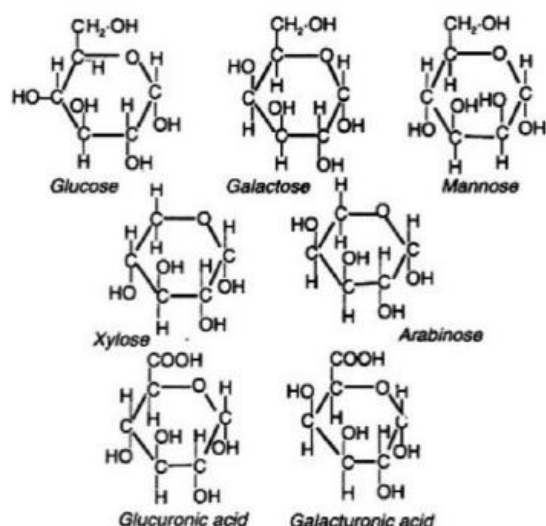
Selulosa adalah senyawa organik yang terdiri dari lantai linier, memiliki ikatan glikosidik unit D-glukosa. Untuk pembentukan dinding sel bahan utamanya yaitu selulosa ini. Di material kapas terkandung selulosa yaitu sekitar 90%, pada tanaman lainnya 33%. Selulosa banyak mengandung struktur kristal yang mana sebagian besar adalah glukosa yang membuat struktur selulosa keras dan struktur kerangka dari sebagian biomassa (basu, 2010). Dibawah ini struktur selulosa:



Gambar 2.5 Selulosa
Sumber : Dhyani (2017)

2.6.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekul yang rendah. Gabungan polimer dari glukosa, asam glukuronat, mannose, arabinosa dan xilosa bisa membentuk struktur cabang atau nonlinier dengan sedikit kekuatan. Hemiselulosa dapat terhidrolisis oleh kandungan asam yang encer. Dibawah ini gambar struktur dari hemiselulosa:

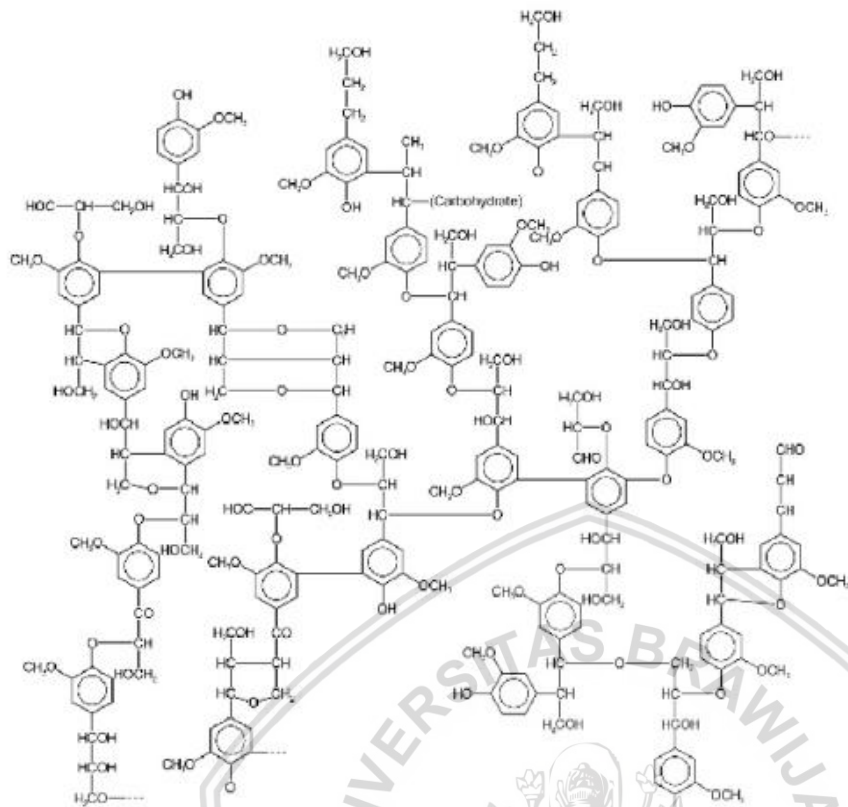


Gambar 2.6 Hemiselulosa

Sumber: Dhyani (2017)

2.6.3 Lignin

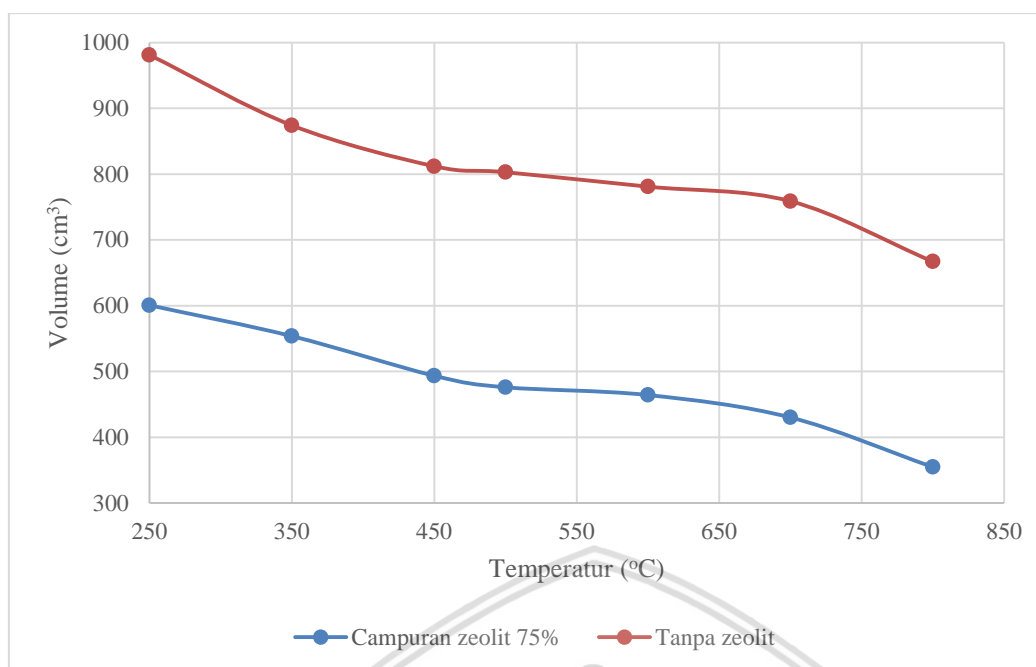
Lignin terbentuk oleh penghilangan air dan gula (terutama xilosa) untuk menciptakan unsur aromatic. Lignifikasi terjadi pada tanaman dewasa yang berguna untuk menjaga stabilitas mekanik tanaman. Karena itu lignin menjadi lebih kaku, dia melokalisir permukaan lumen dan daerah dinding berpori agar bisa mempertahankan kekuatan dinding dan permeabilitas serta membantu pengangkutan air. Dibawah ini struktur dari lignin.



Gambar 2.7 Lignin
Sumber: Dhyani (2017)

2.7 Penelitian sebelumnya

Dari data yang telah diambil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan variabel bebas berupa 250°C, 350°C, 450°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C telah dilakukan oleh Hakim (2017), menghasilkan data tentang volume *char* yang terjadi seperti grafik dibawah ini.



Gambar 2.8 Hubungan temperatur terhadap volume *char*

Didapatkan dari variasi temperatur dari 250°C sampai 800°C tanpa zeolit maka didapatkan hasil *char* dengan volume yaitu 981.234 cm³, 874.132 cm³, 811.95 cm³, 802.9 cm³, 780.934 cm³, 758.838 cm³, dan 667.026 cm³. Sedangkan untuk yang menggunakan katalis zeolit sebesar 75% dari massa total dari variasi temperature yang sama seperti sebelumnya didapatkan hasil yaitu 600.658 cm³, 553.716 cm³, 493.451 cm³, 475.971 cm³, 464.168 cm³, 430.104 cm³, dan 354.719 cm³ (Hakim, 2017).

Dari grafik yang didapatkan diatas bahwa terjadi kecenderungan hasil *char* yang selalu menurun apabila temeratur terus dinaikkan. Hal ini dikarenakan bahwa terjadi perpindahan panas yang berasal dari *Heater* pada *Pyrolyzer* menuju biomassa yang ada di *furnace*, hal ini yang mentebakkan proses dekomposisi dari biomassa menjadi arang dimulai dari yang paling luar hingga ke dalam yang mengakibatkan semakin tinggi temperature maka panas yang dihasilkan semakin tinggi.

Penelitian lainnya meneliti tentang volume yang menghasilkan *tar* dengan menggunakan zeolit 50% (Arasyid, 2017). Dari hasil kesimpulan yang dapat diambil dengan membandingkan yang tidak memakai zeolit dengan suhu yang sama menyatakan bahwa semakin tinggi temperature kecenderungan hasil *tar* yang didapat akan semakin tinggi dibanding dengan yang tidak memakai zeolit dikarenakan dengan menggunakan zeolit akan mempercepat laju reaksi yang mengakibatkan biomassa terurai pada temperature yang lebih cepat dari biasanya karena dibantu dengan kandungan-kandungan yang ada dalam zeolite.

2.8 Produk Hasil Pirolisis

2.8.1 Char

Char merupakan produk yang dihasilkan dari pirolisis yang berbentuk padatan dari biomassa. *Char* mengandung beberapa unsur seperti karbon, nitrogen, oksigen, hydrogen dan lainnya. Oleh karena itu *char* biasa digunakan sebagai bahan bakar boiler dan juga untuk memproduksi jenis karbon aktif sesuai kandungan karbon yang terkandung dalam biomassa yang diteliti.

Menurut (Jahirul et al, 2012), dekomposisi pada lignin yang akan mempengaruhi seberapa banyak *char* yang dihasilkan, semakin banyak kandungan lignin pada biomassa yang diuji semakin banyak pula massa yang dihasilkan dari *char*. Suhu optimum pembentukan *char* yaitu berkisar antara 400-550°C sama dengan suhu optimum pada pirolisis, di suhu ini lignin mulai terdekomposisi secara maksimal sampai seluruhnya berubah menjadi arang padat, namun pada suhu 650°C keatas kandungan *char* akan berkurang karena sebagian besar kandungan yang terkandung telah dirubah menjadi fase gas.

2.8.2 Tar

Tar merupakan produk yang dihasilkan dari pirolisis yang berbentuk cairan dari biomassa. *Tar* bewarna gelap dan hitam pekat. Di dalam *tar* masih terdapat kandungan air dan zat- zat yang berbeda. Dari sifat fisiknya minyak yang terkandung dalam *tar* terdapat dibawah, sedangkan untuk kandungan airnya terdapat diatas, dari sinilah bisa ditentukan bahwa massa jenis *tar* lebih rendah dari pada air

Tar biasanya dihasilkan dari sebagian besar dekomposisi dari hemiselulosa dan selulosa dan sedikit dari lignin. Oleh karena itu biomassa yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi akan menghasilkan *tar* yang semakin banyak pula. Senyawa yang didapat dari *Tar* ada 5 kategori yang dijelaskan, yaitu *hydroxyaldehydes*, *hydroxyketones*, gula serta *dehydrosugars*, *carboxylic acids*, dan senyawa phenol.

2.8.3 Gas

Condensable gases dan *noncondensable gases* merupakan beberapa macam gas yang dapat dihasilkan akibat pemanasan pada temperature tertentu. Beberapa pengujian mengatakan *noncondensable gases* terjadi akibat gas yang tidak dapat dikondensasi menjadi *tar* akibatnya dia akan ikut keluar ke alam sebagai gas. Beberapa senyawa berat tersebut akan mengalami penurunan hasil pirolisis di *tar* yang biasa disebut pirolisis

sekunder yang terjadi dengan temperature tertentu. Beberapa contoh gas yang tidak dapat di kondensasi adalah dioksida, karbon monoksida, metana, etana dan etilen.

2.9 Sifat fisik dari bahan bakar

Dibawah ini akan dibahas beberapa sifat fisik yang ada pada bahan bakar minyak. Diantaranya massa jenis, titik nyala api, nilai kalor, dan viskositas.

2.9.1 Massa jenis

Pada umumnya massa jenis didefinisikan sebagai massa per satuan unit volume.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana:

ρ = Massa jenis (kg/ m³)

m = Massa (kg)

v = Volume (m³)

Kepadatan pada suatu zat biasanya dipengaruhi oleh suhu dan tekanan, karena jika ditinjau keadaan sebenarnya jika suatu zat memiliki perbedaan suhu dan tekanan maka zat tersebut akan memiliki massa jenis yang berbeda pula (Cengel A. Cimbala, 2006).

Pada dasarnya jika dilihat dari fase gas dan cairan, kerapatan suatu gas sebagian besar sebanding dengan tekanan dan berbanding terbalik dengan suhu. Jika dilakukan penekanan terhadap fase zat tersebut, maka gas akan berkurang volumenya karena dapat dikompres atau biasa disebut (*compressible*), sedangkan pada cairan apabila diberi tekanan maka cairan tersebut tidak akan memiliki perubahan volume (*incompressible*) (Cengel A, Cimbala, 2006)

2.9.2 Viskositas

Viskositas merupakan salah satu sifat dari fluida yang menghambat fluida tersebut saat mengalir. Oleh karena itu viskositas akan menentukan seberapa besar hambatan dari suatu zat yang mengalir baik dikarenakan gaya kohesi atau pun gaya adhesi. Banyak yang menyebut kekentalan dalam zat cair itu sama dengan viskositas. Fluida yang lebih encer atau angka dari viskositas itu rendah akan memudahkan zat tersebut mengalir. Artinya waktu yang dihabiskan dari fluida yang lebih encer untuk mengalir semakin cepat.

Alat yang digunakan untuk mengukur dari viskositas suatu fluida adalah viscometer. Banyak jenis dari viscometer, salah sataunya yaitu viscometer Oswald. Salah satu cara

yang digunakan untuk mengukur dari viskositas dengan memasukkan cairan tersebut kedalam lubang *viscometer* lalu melihat seberapa lama cairan tersebut mengalir sampai akhir. Selain itu suhu juga mempengaruhi dari nilai viskositas yang dimiliki oleh fluida. Semakin tinggi suhu maka angka dari koefisien viskositas akan semakin rendah, artinya zat tersebut lebih mudah mengalir

2.9.3 Titik Nyala Api

Titik nyala api merupakan temperatur terendah yang dibutuhkan oleh suatu bahan bakar minyak agar dapat menyala sesaat, apabila permukaan dari bahan bakar minyak tersebut didekatkan oleh api. Titik nyala api atau dalam Bahasa Inggris *Flash Point* ini ditujukan untuk keamanan dalam industri yang menggunakan bahan bakar untuk dapat mengetahui bahan bakar mana yang bisa meledak sesuai dengan sifatnya (Dermanto, 2008). Kualitas dari bahan bakar tertentu juga bisa dijadikan salah satu parameter untuk menentukan seberapa baik atau buruk melalui sifat yang timbul dari titik nyala api ini.

2.9.4 Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan angka yang menunjukkan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah yang diturunkan dengan udara bebas. Dalam suatu bahan bakar yang digunakan pasti memiliki nilai yang menunjukkan seberapa baik bahan bakar tersebut yang akan digunakan untuk proses pembakaran. Pada umumnya bahan bakar yang digunakan berbentuk senyawa hidrokarbon, yang memiliki kandungan utama yaitu karbon yang akan menentukan seberapa baik bahan bakar tersebut.

Tujuan dari mengetahui nilai bahan bakar ditentukan dalam beberapa poin diantaranya yaitu untuk menentukan bahan bakar mana yang sesuai dengan keperluan, mana yang cocok digunakan untuk keperluan tertentu. Alat yang digunakan untuk mengetahui dari bahan bakar yaitu *bomb calorimeter*.

2.10 Tembakau

Tembakau adalah tanaman yang berasal dari Amerika tropis yang dibudidayakan di seluruh dunia yang daunnya di tanam secara komersial di banyak negara untuk diproses ke yang lebih berguna. Kandungan yang terkandung didalamnya adalah nikotin dan *tar* (Kazeem, 2014).

Faktor lingkungan dapat memengaruhi terhadap pertumbuhan dan hasil tentang tanaman tembakau. Iklim yang gersang atau pun sama lembab biasanya tidak ditemukan

pada tanaman ini karena biasanya iklim yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman ini sedang sedang saja dengan temperature yang cocok 21°C- 32°C. meski begitu tumbuhan ini juga bisa tumbuh di iklim yang gersang maupun lembab tapi hasilnya tak sebaik di temperatur sedang.



Gambar 2.9 Daun tembakau
Sumber: Zuliyanti (2016)

Untuk menentukan bagaimana tembakau bias digunakan sesuai fungsinya, maka perlu diketahui kandungan apa saja yang terkandung dalam tumbuhan tembakau, nantinya dari kandungan ini akan menentukan hasil yang akan didapat.

Tabel 2.2

Kandungan kimia tembakau

Komposisi Makromolekul	Persentase (%)
- Selulosa	36,3
- Lignin	12,1
- Hemiselulosa	34,4

Sumber: Dhyani (2017)

Kandungan yang terkandung dalam tembakau akan mempengaruhi hasil dari produknya nanti, selain ditinjau dari kandungan lignuselulosanya ternyata protein dan lemak mampu mempengaruhi dari produk yang akan dihasilkan. Dalam pirolisis yang terkandung lemak yang tinggi hamper tidak ditemukan *char* pada hasilnya, dengan kata lain protein yang tinggi akan meningkatkan produk dari *char* yang akan dihasilkan. Dengan ini kandungan tembakau yang memiliki lemak yang tinggi akan menghasilkan produk *tar* yang tinggi dibandingkan yang mengandung protein.

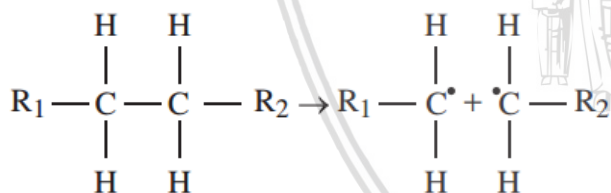
2.11 Hipotesis

Sesuai dengan tinjauan pustaka diatas, semakin bertambahnya temperatur maka massa serta volume *tar* akan terus meningkat sampai temperature optimum. tapi menurunkan massa serta volume *char*. Menurunkan massa jenis *tar* dan *char*, viskositas *tar*, serta titik nyala api *tar* namun menaikkan nilai kalor *tar* dan *char*, penambahan zeolit nantinya akan mempengaruhi pembentukan hasil pirolisis yang menyebabkan semakin aktif dan mempercepat reaksi rantai hidrokarbon dan akan mempengaruhi hasil dari *tar* dan *char*.

2.12 pengaruh Variasi Temperatur

Semakin meningkat atau berkurangnya temperature pada pirolisis akan mempengaruhi hasil dari pirolisis yang berupa padatan, cairan, maupun gas. Sesuai pengujian produk bio-oil maksimal berkisar pada suhu 400°C-550°C, lalu ketika suhu dinaikan lagi hingga melebihi 600°C maka produk menurun karena produk bio-oil dan *char* diubah menjadi gas karena adanya reaksi sekunder *cracking*. Hal ini terjadi pula pada produk padatan yang menurun diakrenakan peningkatan suhu yang memungkinkan terjadinya *thermal cracking* pada senyawa hidrokarbon tinggi.

Thermal Cracking adalah proses penguraian suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas (Ani Purwanti dkk,2008). *Thermal Cracking* juga bisa disebut dekomposisi kimia organik karena melalui proses pemanasan menggunakan sedikit oksigen atau tanpa oksigen atau reaktan lainnya, yang mana nantinya material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia yang berubah fase ke dalam gas. *Thermal Cracking* merupakan kasus khusus termolisis. *Thermal Cracking* ekstrim, menghasilkan karbon sebagai residu disebut karbonisasi. *Thermal cracking* disebut juga *destructive distillation* yaitu proses penguraian material yang memiliki serat pada suhu tinggi namun tidak kontak langsung dengan udara yang nantinya bisa terbentuk arang dan larutan pirognate.



Gambar 2.10 Pembentukan radikal bebas karena *thermal cracking*
Sumber: Sadeghbeigi (2012)

2.13 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan berbagai macam bahan yang digunakan untuk proses pembakaran. Pembakaran tidak dapat terjadi ketika tidak adanya bahan bakar. Secara bentuknya bahan bakar yang ada di dunia yang melingkupi kehidupan sehari-hari yang akan digunakan adalah bahan bakar yang berbentuk padat dan cairan. Dari berbagai macam data dan fakta yang terjadi di dunia bahan bakar yang sering digunakan adalah bahan bakar cair, karena dinilai bahan bakar bentuk ini memiliki banyak manfaat. Setiap bahan bakar

tentu memiliki karakteristik yang berbeda beda yang akan menentukan hasil dari pembakaran.

Salah satu tujuan dari bahan bakar adalah untuk menghasilkan energi, yang dalam hal ini kontesnya adalah energi panas. dari energi panas ini akan diubah dengan proses tertentu hingga menjadi bentuk energi energi lainnya. Misalnya energi mekanik atau energi listrik, disamping itu hasil pembakaran akan menimbulkan efek efek yang harus kita pahami karena bisa merusak lingkungan.

2.13.1 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah penggabungan senyawa hidrokarbon yang didapat dari alam ataupun buatan. Umumnya untuk mendapatkan bahan bakar cair ini berasal dari minyak bumi. Didepan beberapa tahun mendatang, besar kemungkinan bahan bakar cair berasal dari *tar sands*, oil shan dan biomassa akan naik. Dilihat dari struktur yang terkandung minyak bumi adalah gabungan alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, mineral, dan sedikit metal. (Wiratmaja, 2010).

Nantinya akan diperlukan untuk mengetahui sifat fisik dari bahan bakar cair untuk membandingkan produk *tar* hasil pirolisis. Dibawah ini merupakan perbedaan sifat fisik bensin dan etanol.

2.13.2 Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat adalah bahan yang digunakan untuk melakukan proses pembakaran yang berbentuk padat. Yang fungsinya menghasilkan energi panas. Biasanya bahan bakar padat sangat terbatas, karena memerlukan proses yang lama untuk mengolahnya. Komponen yang terkandung tentu bahan bahan yang mudah terbakar yaitu C, H, S. salah satu bahan bakar padat adalah batu bara.

Batubara terbentuk dari sisa sisa tumbuhan zama lampau yang berubah bentuk awalnya seperti tanah gambut. pembentukan batu bara dimulai dari zaman batu yang dimulai dari 360 juta sampai 290 juta tahun yang lalu. Kualitas dari setiap jenis batu bara diperoleh dari tekanan dan suhu serta lamanya waktu pembentukan yang biasa disebut dengan nama “ maturitas organik” (World Coal Institute, 2009)

Tabel 2.3
Nilai kalor dari Batubara

Class	Group		Fixed carbon	Volatile matter	Heating values
	Name	Symbol	Dry %	Dry %	Dry basis (Kcal/kg)
I. Anthracite	Meta-anthracite	ma	>98	>	7740
	anthracite	an	92-98	2.0-8.0	8000
	semianthracite	sa	86-92	8.0-15	8300
II. Bituminous	low-volatile	lvb	78-86	14-22	8741
	medium volatile	m vb	78-89	22-31	8640
	high-volatile A	hvAb	<69	>31	8160
	high volatile B	hvBb	57	57	6750-8160
	high volatile C	hvCb	54	54	7410-8375
					6765-7410
III. Subbituminous	subbituminous A	subA	55	55	6880-7540
	subbituminous B	subB	56	56	6540-7230
	subbtuminous C	subC	53	53	5990-6860
IV. Lignite	lignite A	ligA	52	52	4830-6360
	lignite B	ligB	52	52	<5250

Sumber: Billah (2010)

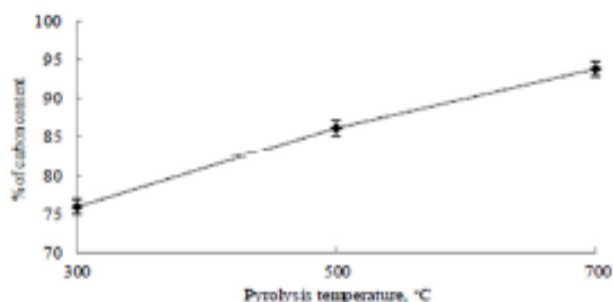
2.14 Scanning Electron Microscopy-Energi Dispersive X-ray Spektrometer (SEM-EDX)

Scanning electron microscope (SEM) merupakan salah satu tipe dari alat mikroskop electron yang menunjukkan permukaan sampel melalui cara scan dengan memakai pancaran energi yang tinggi dari electron dari suatu pola scan raster. Nantinya electron dapat berinteraksi dengan atom-atom yang menjadikan sampel membuahkan hasil berupa sinyal yang akan memberikan suatu informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat sifat yang tercakup seperti seberapa baik suatu benda untuk menghantarkan listrik.

Energi Dispersive X-ray Spektrometer (EDX) merupakan Teknik analitik yang sering dipakai untuk menganalisis senyawa-senyawa atau karakter kandungan senyawa kimia dari suatu sampel. EDX ini dapat menganalisis sampel dengan interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan unsur lainnya dan melihat emisi sinar-X oleh senyawa dalam partikel. Karena sinar-X ini nantinya bisa dideteksi menggunakan EDX.

SEM-EDX bisa memberikan suatu informasi tentang morfologi, topografi, komposisi dari sampel yang dapat dianalisis (Girao, 2017). Morfologi merupakan kemampuan untuk menganalisa ukuran serta bentuk sesuatu dari sampel. Topografi merupakan kemampuan

untuk menganalisa permukaan serta tekstur. Dan komposisi merupakan kemampuan menganalisa kandungan dari permukaan benda dengan sifat kualitatif maupun kuantitatif.



Gambar 2.11 Presentase karbon di suhu 300°C, 500°C dan 700°C

Sumber: Shabaan (2013)

Dari gambar 2.11 di atas menunjukkan contoh pengujian pirolisis seiring temperatur bertambah. Dengan adanya uji SEM yang menyebabkan ketika temperature dinaikkan maka kandungan karbon akan semakin meningkat. Hal ini akan menyebabkan densitas dari karbon akan meningkat pula. Sedangkan kandungan oksigen akan mengalami dehidrasi yang menyebabkan turun seiring temperature dinaikkan. Apabila dilihat secara morfologi maka porositas yang terjadi menyebabkan lubang lubang kecil pada morfologi hasil SEM yang menyebabkan kandungan-kandungannya terpecah seiring temperature dinaikkan (Shabaan, 2013).



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang akan digunakan di dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimen nyata (*true experimental research*). Dalam penelitian ini penulis menggunakan biomassa daun tembakau (*Nicotiana tabacum*) variasi temperatur pemanasan dengan proses pirolisis untuk diambil hasil *tar* dan *char* pada proses tersebut. Proses pirolisis yang digunakan merupakan proses *slow pyrolysis* dengan menggunakan *fix bed pyrolyzer*.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Laboratorium Motor Bakar, Jurusan Teknik Mesin. Waktu yang diperlukan untuk penelitian adalah dari bulan Maret-April 2018

3.3 Variabel Penelitian

Di dalam penelitian ini terdapat 3 variabel yang dipergunakan, antara lain :

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang nilainya ditentukan terlebih dahulu sebelum ada variabel lain yang mempengaruhi. Variabel bebas yang dipakai adalah temperatur pemanasan pada saat proses pirolisis 350°C, 450°C, 550°C, 650°C.

2. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang tak dapat ditentukan melainkan mengacu pada variabel bebas nya. Variabel terikat yang diamati adalah jumlah produk *tar* dan *char* serta sifat fisik dari *tar* dan *char*.

3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dapat ditentukan sendiri oleh peneliti yang nilainya dikondisikan konstan. Variabel terkontrol pada penelitian kali ini adalah daun tembakau dengan massa 100 gram, campuran zeolit 25% dari massa total (33,3 gram), pirolisis selama 2 jam.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat Yang Digunakan

1. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan daun tembakau dengan spesifikasi sesuai Gambar

3.1.

Merk	: Tiga Roda
Frekuensi	: 50-60 Hz
Dimensi	: P x L x T (40cm x 40cm x 40cm)
Voltase	: 100-120V 80mA / 200-240V 45mA
Daya	: 600 Watt
Temperatur maksimal	: 110°C



Gambar 3.1 Oven

Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

2. Moisture Analyzer

Sebelum dilakukan pirolisis, *Moisture Analyzer* digunakan untuk mengukur kadar air dari sampel spesimen uji. Spesifikasi sesuai Gambar 3.2.

Merk	: Sartaorius
Arus	: 3,3 A/ 1,6 A
Voltase	: 100 – 120 / 220 – 290 VAC
Model	: MA 30
Frekuensi	: 50-60 Hz



Gambar 3.2 Moisture Analyzer

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2018)

3. Timbangan Elektrik

Timbangan elektrik digunakan untuk mengukur berat spesimen daun tembakau, serbuk zeolit dan lain lain. Berikut spesifikasinya:

Merk : Melter

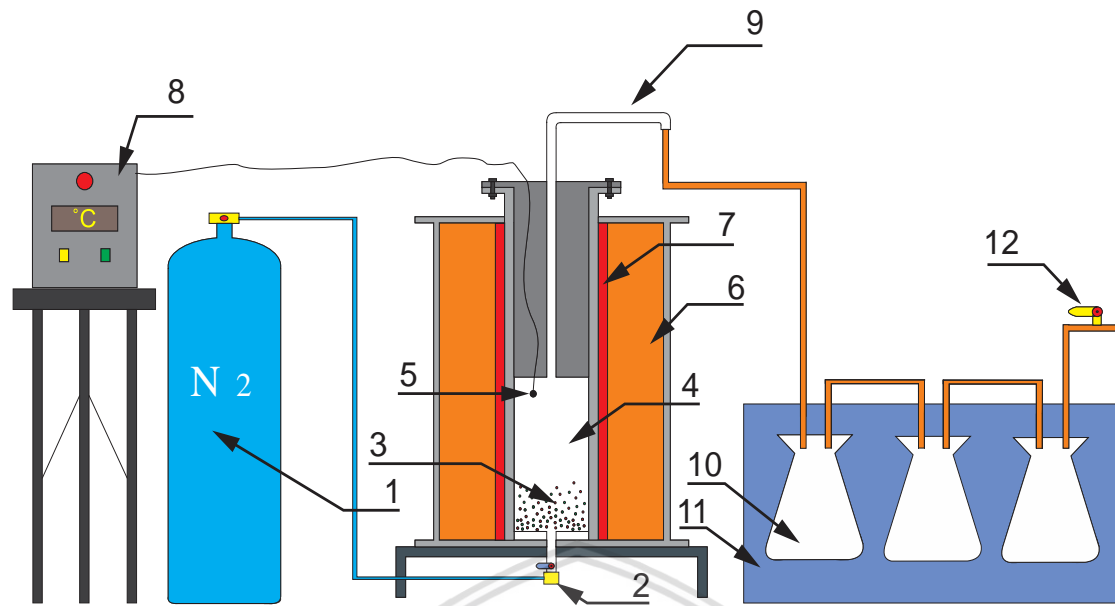
Frekuensi : 50-60 Hz

Ketelitian : 0,01 gram

Voltase : 100-120V 80mA / 200-240V 45mA

4. Pyrolyzer

Pyrolyzer dipakai untuk proses pirolisis. Pada polisier terdiri dari *heater* sebagai pemanas, *themocouple* yang berfungsi untuk mengatur besarnya pemanasan. Kapasitas ruang pirolisis 5571.93 cm³, sesuai Gambar 3.4.



Keterangan:

1. Tabung Nitrogen
2. N2 Input
3. Biomassa
4. Furnace
5. Thermocouple
6. Batu tahan panas
7. Elemen pemanas
8. Thermocontroller
9. Uap Output
10. Tabung Erlenmeyer
11. Air dan es batu
12. Gas Output

Gambar 3.3 Instalasi penelitian

Dalam penelitian ini mula-mula biomassa yang sudah dicampurkan dengan zeolit dimasukkan ke tungku di nomer (4). Lalu mengalirkan nitrogen yang ada di nomer (1) dan dimasukkan ke nomer (2), setelah itu mengatur temperatur yang diinginkan pada nomer (5). Hidupkan alat pirolisis pada nomer (8), seiring bertambahnya waktu maka temperatur akan meningkat dengan sendirinya, panas dari pirolisis akan mengalir melalui material yang ada di nomer (6) dan (7). Biomassa pada nomer (3) akan terdekomposisi seiring bertambahnya waktu dan akan merubah dari padatan menjadi gas yang akan melewati nomer (9) lalu akan dikondensasi menjadi cairan yang ada pada tabung di nomer (10) melalui bantuan dari nomer (11). Setelah gas terkondensasi yang ditampung oleh tabung, ada beberapa gas yang tidak bisa dikondensasi dan itu akan melewati nomer (12) ke alam.



Gambar 3.4 Pyrolyzer

Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

5. Dapur Listrik

Dapur listrik digunakan untuk memanaskan zeolit sebelum dicampurkan dengan daun tembakau tepatnya sebelum proses pirolisis dilakukan. Spesifikasi dari dapur listrik ini sesuai Gambar 3.5.

Merk : Neycraft

Dimensi : 20 cm x 20 cm x 20 cm (PxLxT)

Tegangan, Arus : 220V, 7.0A

Daya : 15000 Watt



Gambar 3.5 Dapur listrik

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2018)

6. Cawan Ukur

Cawan ukur digunakan untuk mengukur volume daun tembakau dan zeolit sebelum proses pirolisis. Cawan ukur yang digunakan memiliki ketelitian 50 mL dengan kapasitas 1500 mL.

7. Kamera

Kamera ini berfungsi untuk mengambil gambar spesimen uji sebelum dan sesudah pirolisis.

8. Laptop

Digunakan dalam pengolahan data dan pembahasan hasil pengujian pirolisis sesuai Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Laptop

Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

9. Viscometer

Digunakan untuk mengukur viskositas fluida (η) sesuai Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Viscometer

Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

10. Flash Point

Digunakan untuk mengetahui titik nyala api suatu bahan bakar ($^{\circ}\text{C}$) sesuai Gambar 3.8

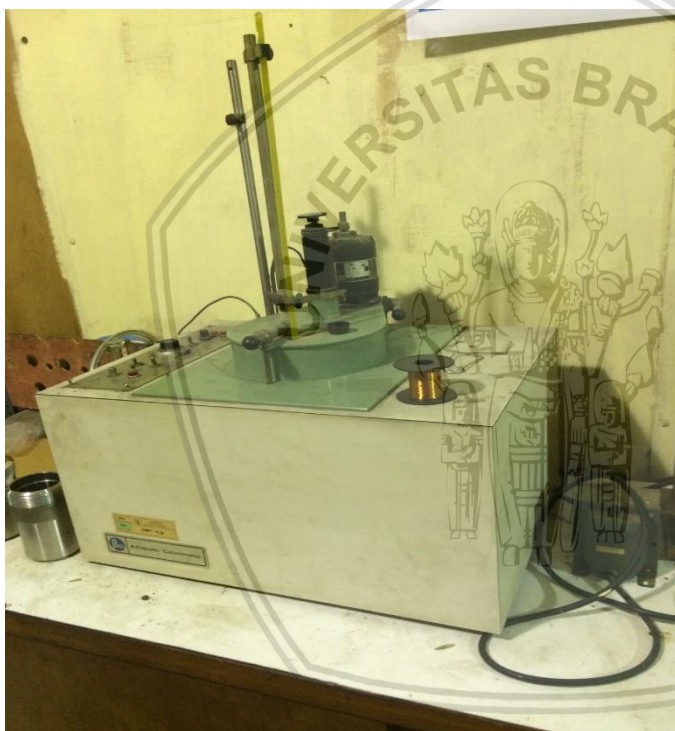


Gambar 3.8 Flash point

Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

11. *Bomb calorimeter*

Digunakan untuk mengetahui kalor bahan bakar (Kcal/Kg). sesuai Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Bomb Calorimeter

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2018)

3.4.2 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Daun Tembakau

Didapat dari perusahaan di kota Jember, Jawa Timur. Daun tembakau ini di potong dengan mesin penggilingan dan diuji kadar air nya kurang lebih 10 % sesuai Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Daun tembakau
Sumber: Dokumentasi pribadi (2018)

2. Zeolit

Zeolit yang digunakan adalah zeolit batu ijo berbentuk serbuk yang diperoleh dari pengusaha budidaya tanaman di Kota Malang sesuai Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Zeolit
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2018)

3.5 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan satu perlakuan yaitu pirolisis dengan perlakuan katalis zeolit 25% dari massa total.

3.5.1 Pirolisis Dengan Katalis Zeolit 25%

Prosedur penelitian pirolisis daun tembakau dengan zeolit 25 % adalah:

1. Persiapan daun tembakau,
 - a. Panaskan daun tembakau ke dalam oven dengan temperatur 100°C selama 1 jam untuk mengurangi kadar air. Lakukan pengujian kadar air dengan *moiture analyzer*.
 - b. Jika kadar air sudah kurang dari 10%, lakukan penimbangan sebanyak 100 gram dan ukur volume daun tembakau.
2. Persiapan zeolit,
 - a. Panaskan zeolit pada dapur listrik dengan suhu 120°C selama 4 jam. Lakukan pengujian kadar air dengan *moiture analyzer*.
 - b. Jika kadar air sudah kurang dari 2%, lakukan penimbangan dengan perhitungan seperti dibawah lalu ukur volume zeolit.

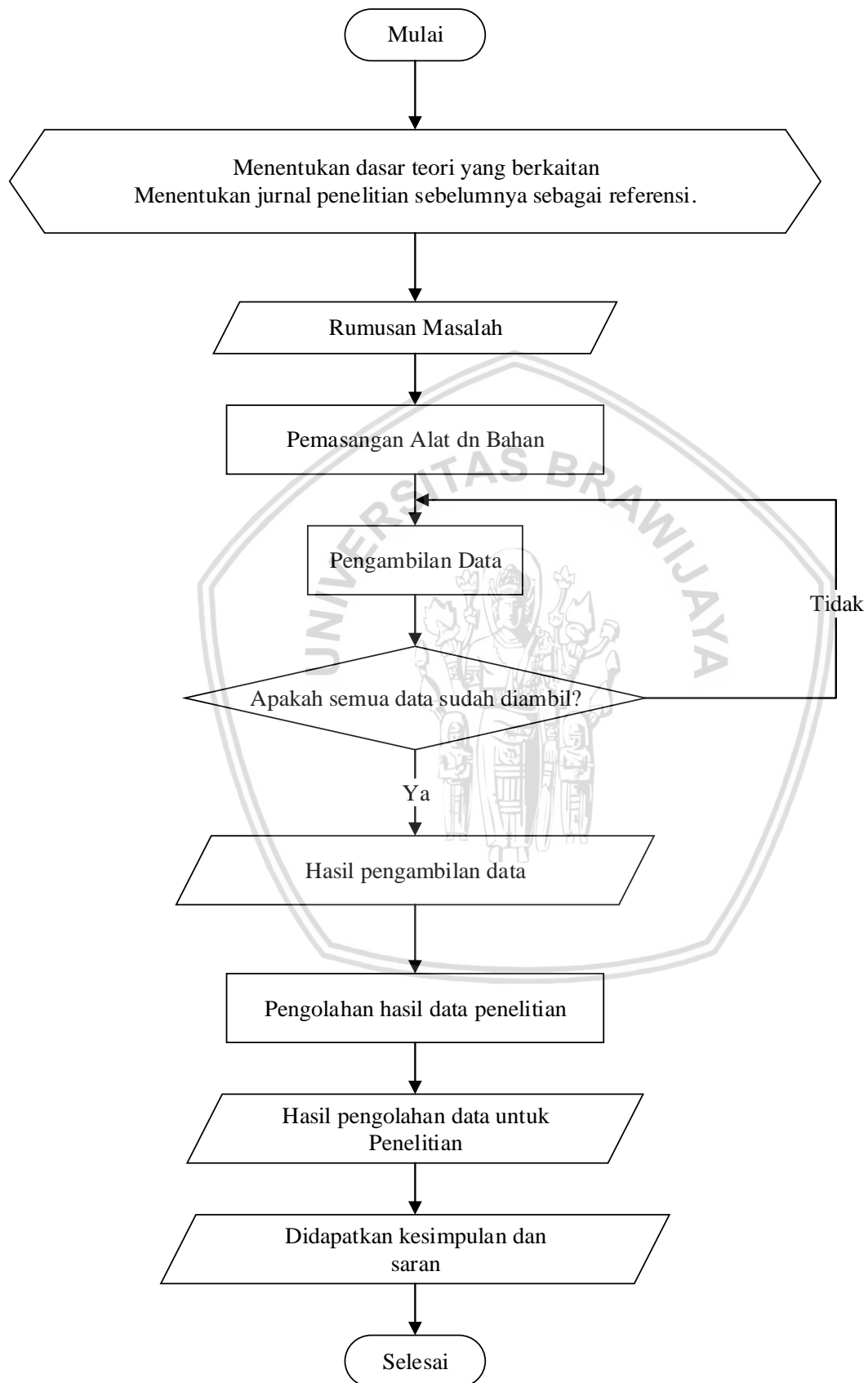
$$\frac{\text{Persentase serbuk daun tembakau}}{\text{Persentase zeolit}} = \frac{\text{Massa serbuk daun tembakau}}{\text{Massa zeolit}}$$

$$\frac{75\%}{25\%} = \frac{100 \text{ gram}}{\text{Massa zeolit}}$$

$$\text{Massa zeolit} = \left(\frac{25\%}{75\%} \right) \times 100 \text{ gram} = 33,3 \text{ gram}$$

3. Campurkan daun tembakau dan zeolit dalam 1 wadah lalu ratakan keduanya.
4. Proses pirolisis,
 - a. Masukkan campuran daun tembakau zeolit kedalam *pyrolyzer*.
 - b. Alirkan Nitrogen (N₂) ke dalam *pyrolyzer* dengan kecepatan 3 L/menit selama 3 menit.
 - c. Tutup katup input nitrogen, biarkan katup output terbuka lalu nyalakan *pyrolyzer*.
 - d. Biarkan proses pirolisis berlangsung selama 2 jam.
5. Setelah proses pirolisis selesai, ambil *tar* dan *char* dari *pyrolyzer* lalu lakukan penimbangan serta ukur volumenya.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.12 Flowchart penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

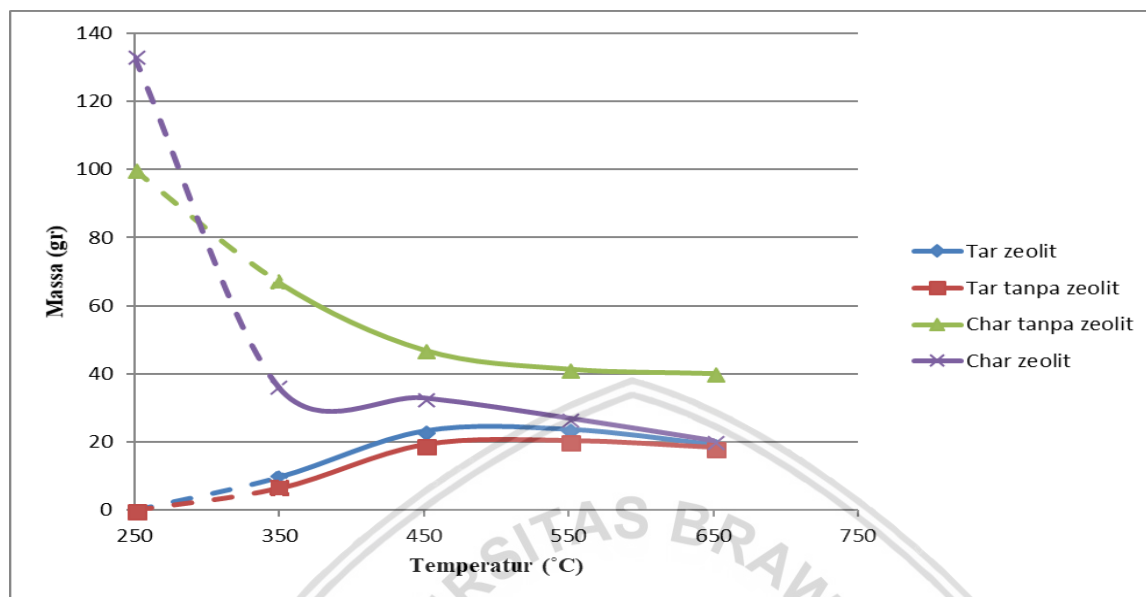
Hasil penelitian yang telah dilakukan mendapatkan beberapa data yang menunjukkan pengaruh variasi temperatur pirolisis terhadap beberapa variabel yang terkait, dari rumusan masalah yang telah disusun maka akan disajikan ke dalam 8 grafik mengenai produk *Tar* dan *Char* hasil pirolisis daun tembakau menggunakan zeolit 25% dari massa total.

Grafik pertama akan disajikan tentang hubungan antara temperatur terhadap massa *tar* dan *char*. Lalu grafik hubungan antara temperatur terhadap volume *tar* dan *char*. Selanjutnya menerangkan hubungan antara temperature terhadap massa jenis *tar*. Lalu menerangkan hubungan antara temperature terhadap Viskositas *tar*. Selanjutnya menyajikan hubungan antara temperature terhadap Titik nyala api *tar*. Kemudian menerangkan hubungan antara temperature terhadap Nilai Kalor *tar*. Lalu memaparkan tentang hubungan antara temperature terhadap massa jenis *char*. Serta yang terakhir yaitu menerangkan hubungan antara temperature terhadap Nilai Kalor *Char*.

Setelah itu didapatkan hasil SEM-EDX yang menampilkan tentang kandungan-kandungan atom pada *char* hasil pirolisis daun tembakau baik yang menggunakan zeolit 25% dari massa total maupun yang tidak menggunakan zeolit. Berikut juga ikut dipaparkan mengenai gambar morfologi dari *char* yang didapat dengan perbesaran 1000x.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Massa Tar dan Char



Gambar 4.1 Hubungan antara temperatur terhadap massa tar dan char

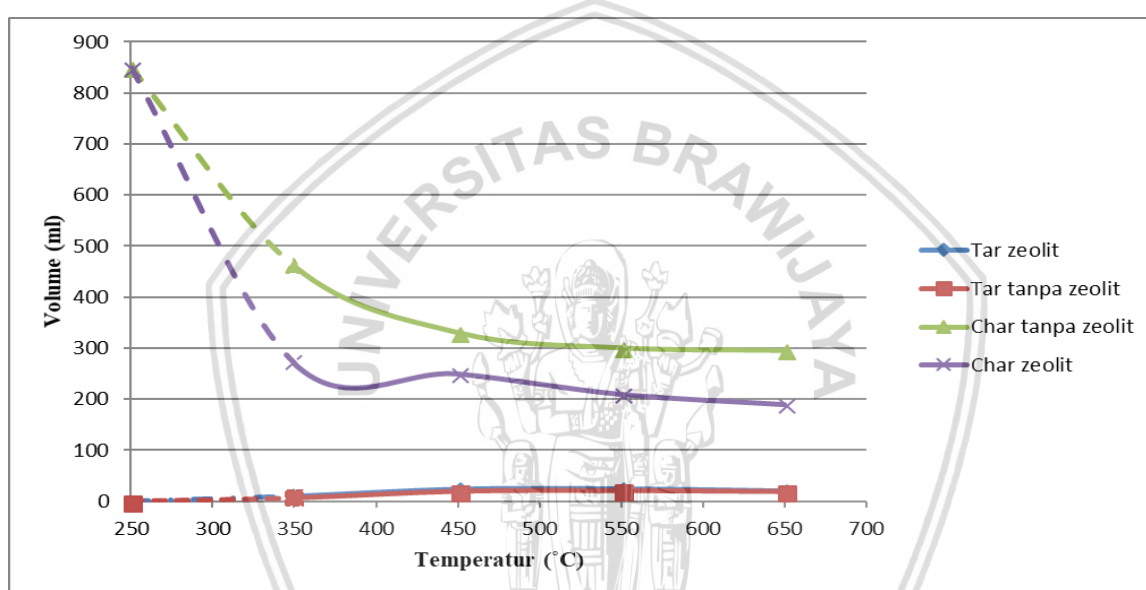
Pada gambar 4.1 diatas menjelaskan tentang hubungan temperature terhadap massa tar dan massa char yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit dan juga menggunakan zeolit 25%. Dari data diatas terdapat variasi temperature dari 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C dengan menghasilkan massa tar dan massa char yang dapat dilihat pada grafik diatas.

Dari gambar 4.1 diatas didapatkan bahwa massa tar yang menggunakan zeolit mendapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan terjadi reaksi *catalytic cracking*, yang menyebabkan biomassa akan terdekomposisi lebih cepat dari pada yang tidak menggunakan zeolit, karena senyawa akan terpecah ketika melewati pori pori dari zeolit. Terlihat pada grafik massa tar setelah melewati temperature 550 maka massa tar akan menurun. Hal ini disebabkan reaksi *secondary cracking* pada massa tar baik yang menggunakan zeolit ataupun yang tidak menggunakan zeolit. Dan juga dijelaskan bahwa temperature maksimum didalam pirolisis untuk menghasilkan tar yaitu temperature antara 450°C – 550°C. selanjutnya material dari biomassa akan dirubah menjadi fase gas apabila suhu dinaikkan lagi (basu, 2010)

Namun kondisi ini berbeda dengan apa yang terjadi di char. Sesuai data yang dipaparkan, seiring kenaikan temperature maka massa char semakin lama akan memiliki

kecenderungan semakin menurun dan juga pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit akan menyebabkan massa dari *char* lebih sedikit dari pada yang tidak menggunakan zeolite. Karena zeolit disini akan membantu pemecahan dekomposisi lebih cepat dari waktu biasanya yang menyebabkan massa *char* akan semakin menurun dan juga zeolit disini tidak ikut terdekomposisi. Selain itu, semakin penambahan temperature massa *char* akan semakin turun baik yang menggunakan zeolit maupun yang tidak menggunakan zeolit karena semakin lama kandungan selulosa, hemiselulosa, dan juga lignin akan terdekomposisi.

4.2.2 Volume Tar dan Char



Gambar 4.2 Hubungan antara temperatur terhadap volume tar dan char

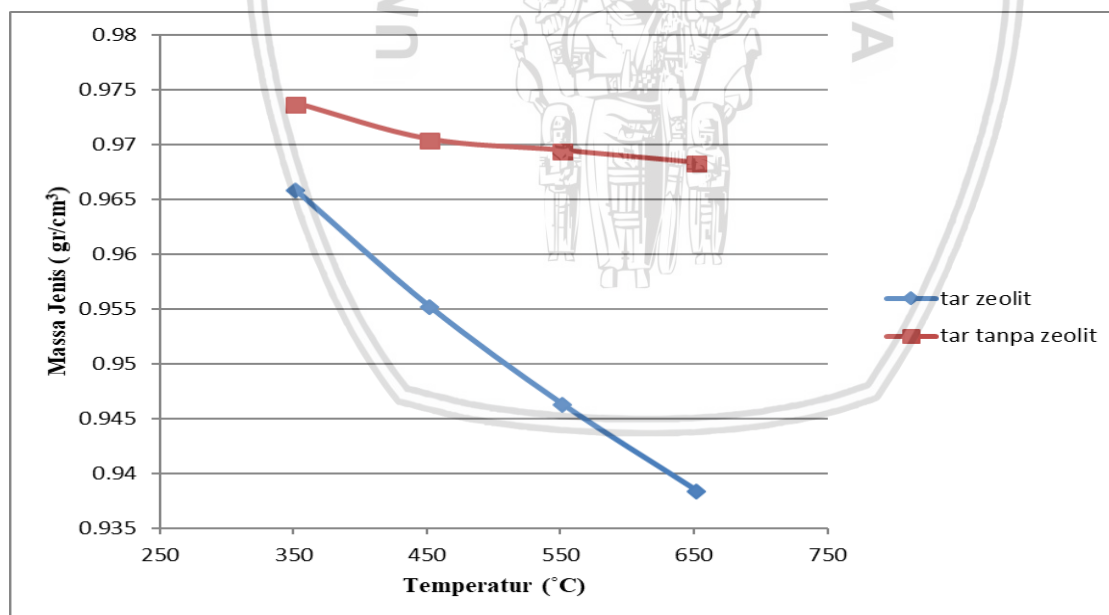
Pada gambar 4.2 diatas menjelaskan tentang hubungan temperature terhadap volume tar dan volume char yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit dan juga menggunakan zeolit 25%. Dari data diatas terdapat variasi temperature dari 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C dengan menghasilkan volume tar dan volume char yang dapat dilihat pada grafik diatas.

Dari Gambar 4.2 diatas didapatkan bahwa volume tar yang menggunakan zeolit mendapatkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan yang tidak menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan terjadi reaksi *catalytic cracking*, yang menyebabkan biomassa akan terdekomposisi lebih cepat dari pada yang tidak menggunakan zeolit, karena senyawa akan terpecah ketika melewati pori pori dari zeolit. Terlihat pada grafik volume tar setelah melewati temperature 550 maka volume tar akan menurun. Hal ini disebabkan reaksi *secondary cracking* pada volume tar baik yang

menggunakan zeolit ataupun yang tidak menggunakan zeolit. Dan juga dijelaskan bahwa temperature maksimum didalam pirolisis untuk menghasilkan *tar* yaitu temperature antara 450°C – 550°C. selanjutnya material dari biomassa akan dirubah menjadi fase gas apabila suhu dinaikkan lagi (basu, 2010)

Namun kondisi ini berbeda dengan apa yang terjadi di *char*. Sesuai data yang dipaparkan, seiring kenaikan temperature maka volume *char* semakin lama akan memiliki kecenderungan semakin menurun dan juga pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit akan menyebabkan volume dari *char* lebih sedikit dari pada yang tidak menggunakan zeolit. Karena zeolit disini akan membantu pemecahan dekomposisi lebih cepat dari waktu biasanya yang menyebabkan volume *char* akan semakin menurun dan juga zeolit disini tidak ikut terdekomposisi. Selain itu, semakin penambahan temperature volume *char* akan semakin turun baik yang menggunakan zeolit maupun yang tidak menggunakan zeolit karena semakin lama kandungan selulosa, hemiselulosa, dan juga lignin akan terdekomposisi.

4.2.3 Massa Jenis Tar



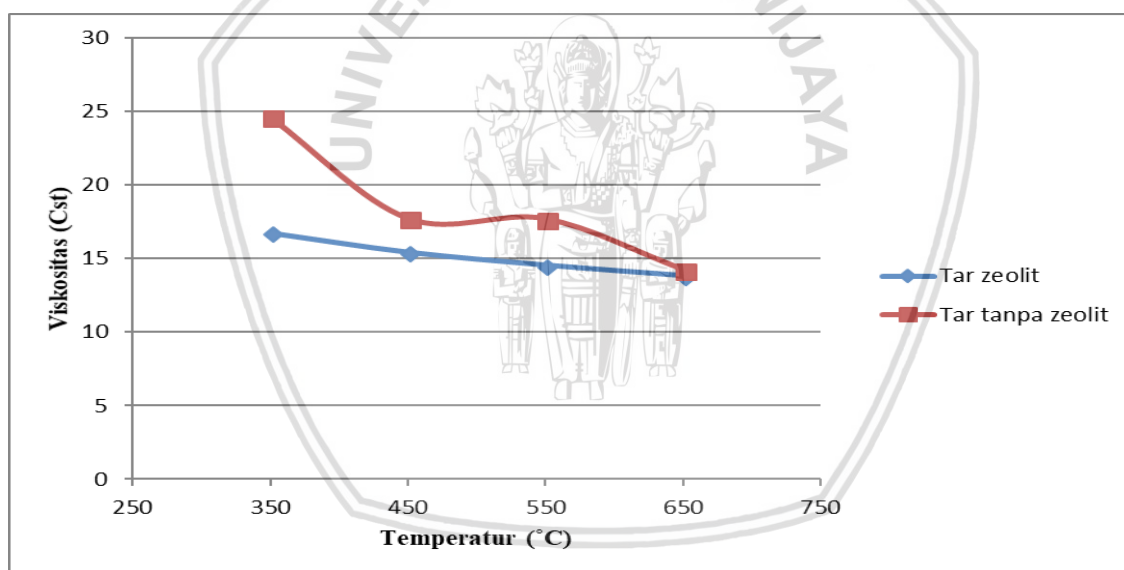
Gambar 4.3 Hubungan antara temperatur terhadap massa jenis *tar*

Dari gambar 4.3 menyatakan penjelasan tentang hubungan temperature pirolisis terhadap massa jenis *tar* yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit dan juga dengan yang menggunakan zeolit 25%. Dari variasi temperatur yang ditentukan yaitu dari temperatur 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C menghasilkan massa jenis *tar* yang menggunakan zeolit secara berturut turut sebesar 0,966, 0,955, 0,946, 0,938.

Dari data tersebut massa jenis *tar* tertinggi yaitu sebesar 0,966 di temperatur 650°C dan massa jenis *tar* terendah yaitu sebesar 0,938 di temperatur 350°C. hal ini disebabkan karena semakin temperature dinaikkan, kenaikan massa tidak sebanding dengan kenaikan volume *tar*. Kondisi ini yang menyebabkan semakin lama semakin menurun. Alasan lain yang menyebabkan kondisi ini yaitu semakin suhu dinaikkan maka rantai karbon akan terpecah menjadi yang lebih sederhana. Akibat massa jenis ini yang nanti akan mempengaruhi pula ke viskositas yang akan menyebabkan penurunan pula

Jika dibandingkan dengan milik (Nazari, 2018), pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit. Maka massa jenis *tar* semakin rendah dimiliki oleh pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan membantu pemecahan dekomposisi daun tembakau menjadi sederhana yang lebih cepat yang nantinya akan mempengaruhi dari ikatan rantai karbon pada *tar*

4.2.4 Viskositas *Tar*



Gambar 4.4 Hubungan antara temperatur terhadap viskositas *tar*

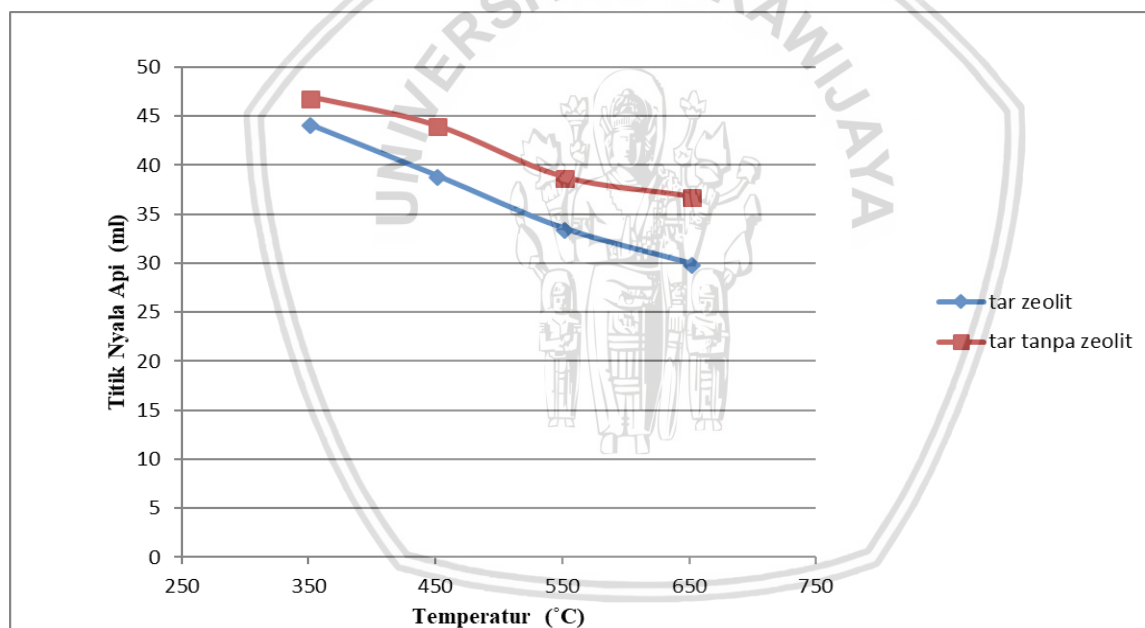
Dari gambar 4.4 menyatakan penjelasan tentang hubungan temperature pirolisis terhadap viskositas *tar* yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau menggunakan zeolit 25%. Dari variasi temperatur yang ditentukan yaitu dari temperatur 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C menghasilkan viskositas secara berturut turut sebesar 16, 739 cst, 15,437 cst, 14,,557 cst, dan 13,846 cst.

Dari data tersebut viskositas *tar* tertinggi yaitu sebesar 16, 739 cst di temperatur 350 , dan viskositas terendah yaitu sebesar 13,846 cst di temperatur 650. Pada suhu awal nilai viskositas paling tinggi artinya memiliki kekentalan paling besar, semakin temperature

dinaikkan ke lebih tinggi maka semakin lama viskositas dari *tar* akan semakin menurun. Hal ini terjadi karena *tar* terdiri dari beberapa senyawa yang akan terpecah yang salah satunya diakibatkan karena temperature. Maka semakin tinggi temperatur senyawa senyawa yang ada pada *tar* semakin lama akan semakin terpecah menjadi senyawa yang lebih sederhana yang menyebabkan viskositas menurun.

Jika dibandingkan dengan milik (Nazari, 2018), pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit. Maka viskositas *tar* semakin rendah dimiliki oleh pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan mempercepat reaksi yang menyebabkan senyawa dari biomassa akan terpecah lebih dulu dari biasanya. Oleh sebab itu akan rantai karbon yang panjang akan dipecah menjadi yang lebih pendek.

4.2.5 Titik Nyala Api Tar



Gambar 4.5 Hubungan antara temperatur terhadap titik nyala api *tar*

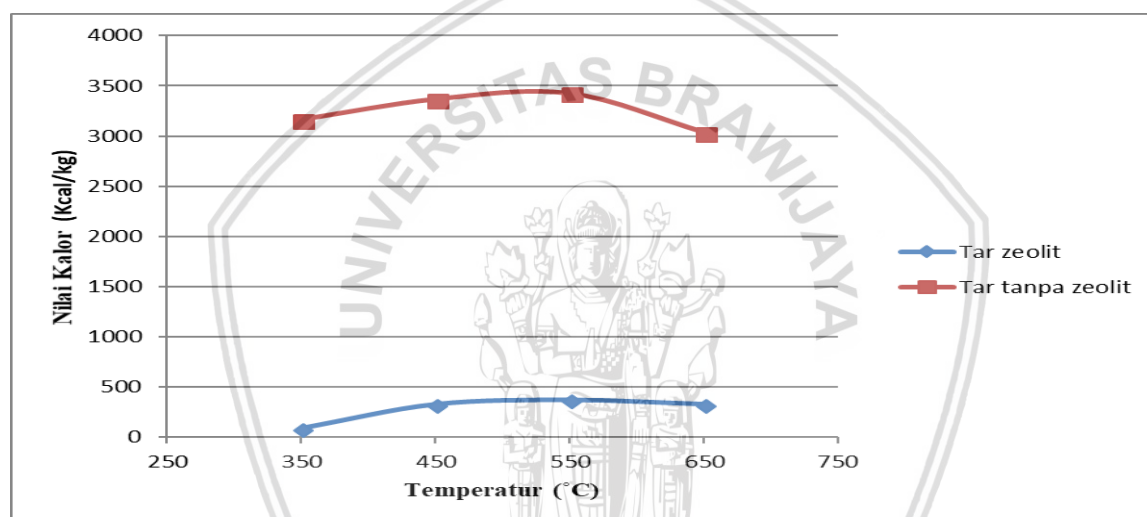
Dari gambar 4.5 menunjukkan hubungan antara temperatur terhadap flash point dari pirolisis daun tembakau dengan zeolit 25 %. Dari variasi temperatur yang ditentukan yaitu dari suhu 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C menghasilkan angka titik nyala api secara berturut turut sebesar 44,2°C, 39 °C, 33,6°C, dan 30°C.

Dari data tersebut titik nyala api tertinggi yaitu sebesar 44,2°C di temperatur 350°C , dan titik nyala api terendah yaitu sebesar 30°C di temperatur 650°C. hal ini disebabkan semakin tinggi temperature maka dekomposisi senyawa akan semakin terpecah menjadi senyawa yang lebih sederhana yang menyebabkan karbon akan menjadi senyawa yang

berdiri sendiri, dari dasar teori dijelaskan semakin tinggi karbon maka nilai kalor yang dimiliki akan semakin tinggi pula, yang menyebabkan membutuhkan titik nyala api yang lebih rendah untuk menyalakan api tersebut.

Jika dibandingkan dengan milik (Nazari, 2018), pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit. Maka titik nyala api *tar* semakin rendah dimiliki oleh pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan mempercepat reaksi yang menyebabkan senyawa dari biomassa akan terpecah lebih dulu dari biasanya. Oleh sebab itu akan rantai karbon yang panjang akan dipecah menjadi yang lebih pendek.

4.2.6 Nilai Kalor *Tar*



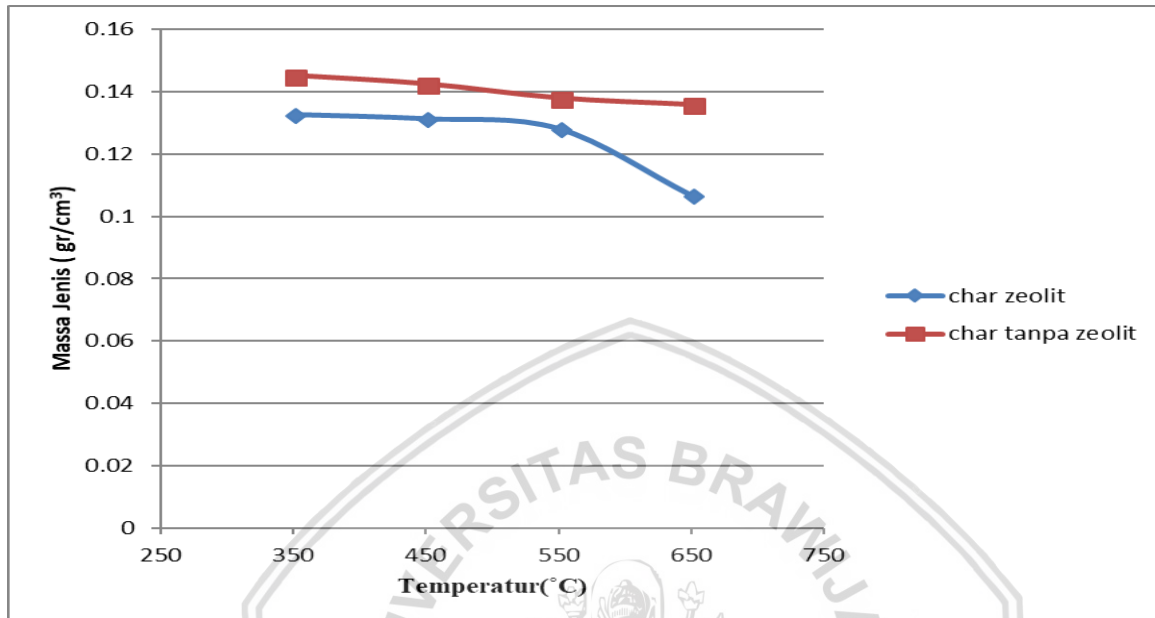
Gambar 4.6 Hubungan antara temperatur terhadap nilai kalor *tar*

Pada gambar 4. 6 diatas menjelaskan tentang hubungan temperature terhadap nilai kalor *tar* yang dihasilkan dari pirolisis daun tembaku menggunakan zeolit 25%. Dari data diatas terdapat variasi temperature dari 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C dengan menghasilkan nilai kalor *tar* 84,95 Kcal/Kg, 326,126 Kcal/Kg, 368,908 Kcal/Kg, 327,126 Kcal/Kg.

Nilai kalor *tar* tertinggi yaitu sebesar 368,908 Kcal/Kg pada temperatur 550°C, sedangkan untuk nilai kalor *tar* terendah yaitu sebesar 84,95 Kcal/Kg pada temperatur 350°C. pada suhu 350 senyawa senyawa yang terdekomposisi dari kandungan *tar* masih belum terpecah dikarenakan membutuhkan temperature yang lebih tinggi, karena itu lah di temperatur ini nilai kalor terendah. Pada suhu tertentu yaitu suhu maksimum pirolisis dalam menghasilkan *tar* yaitu berkisar antara 450-550 maka senyawa senyawa yang

terdekomposisi akibat *thermal cracking* akan semakin banyak dan rantai karbon akan semakin sederhana. Di temperatur ini lah nilai kalor maksimal dari *tar*.

4.2.7 Massa Jenis *Char*



Gambar 4.7 Hubungan antara temperatur terhadap Massa Jenis *char*

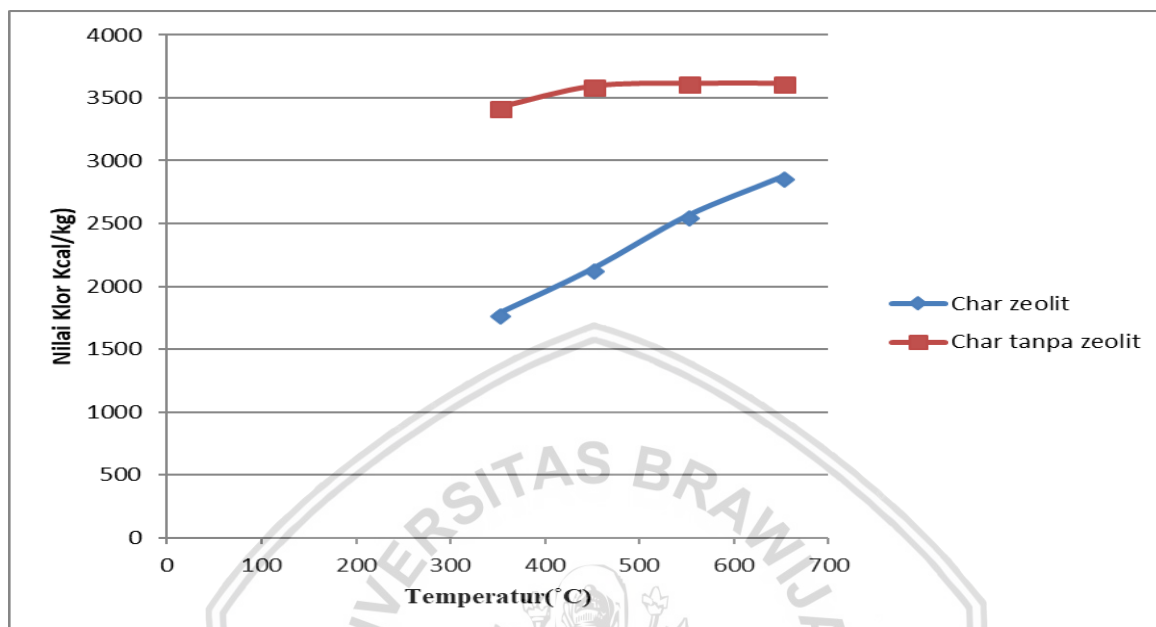
Dari gambar 4. 7 diatas menyatakan penjelasan tentang hubungan temperature pirolisis terhadap massa jenis *char* yang dihasilkan dari pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolite dan juga dengan yang menggunakan zeolit 25%. Dari variasi temperatur yang ditentukan yaitu dari temperatur 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C menghasilkan massa jenis *char* yang menggunakan zeolit secara berturut turut sebesar 0,133gr/cm³, 0,131 gr/cm³, 0,128 gr/cm³, 0,107 gr/cm³.

Dari data tersebut massa jenis *char* tertinggi yaitu sebesar 0,133 gr/cm³ di temperatur 650°C dan massa jenis *char* terendah yaitu sebesar 0,107 gr/cm³ di temperatur 350°C. hal ini disebabkan karena semakin temperature dinaikkan, kenaikan massa tidak sebanding dengan kenaikan volume *char*. Dan di sifat *char* yang telah diuji komposisi nya terdapat rongga yang mempengaruhi dari massa jenis *char* ini maka dari itu semakin lama akan semakin menurun. Selain itu semakin temperature dinaikkan maka semakin terdekomposisi pula dari *char* yang menyebabkan massa dan volume dari *char* yang dihasilkan akan menurun

Jika dibandingkan dengan milik (Nazari, 2018), pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit. Maka massa jenis *char* semakin rendah dimiliki oleh pirolisis daun tembakau yang menggunakan zeolit, karena pirolisis yang menggunakan zeolit ini akan

membantu dekomposisi dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin lebih cepat sehingga hasil dari massa dan volume akan lebih kecil

4.2.8 Nilai Kalor *Char*



Gambar 4.8 Hubungan antara temperatur terhadap nilai kalor *char*

gambar 4.8 diatas menunjukkan hubungan antara temperature dengan nilai kalor *char* pada pirolisis daun tembakau 25 %. Variasi temperature yang ditentukan secara berturut-turut dimulai dari temperature 350°C, 450°C, 550°C, dan 650°C. Dari temperature yang divariasikan tersebut menghasilkan nilai kalor sebesar 1780,379 Kcal/Kg, 2136,986 Kcal/Kg, 2556,381 Kcal/Kg, 2866,27 Kcal/Kg.

Data tertinggi diperoleh dari temperatur 650 °C dengan nilai kalor sebesar 2866,27 dan data terendah diperoleh dari temperatur 350°C dengan nilai kalor sebesar 1780,379. Sesuai grafik diatas kecenderungan grafik yaitu meningkat seiring pertambahan temperatur, hal ini disebabkan karena semakin temperature dinaikkan maka panas yang diberikan semakin bertambah, oleh karena itu kandungan hidrokarbon dalam biomassa daun tembakau akan semakin terpecah menjadi senyawa yang lebih sederhana dan akan menghasilkan karbon yang lebih murni dari temperature yang rendah.

Jika dibandingkan dengan milik (Nazari, 2018) pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit, maka untuk hasil nilai kalor *char* yang memakai zeolit mendapatkan hasil lebih rendah daripada yang tidak memakai zeolit, dikarenakan kandungan yang ada dalam zeolit memiliki kandungan karbon yang lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan zeolit. Hal ini terjadi karena pada pirolisis daun tembakau menggunakan

zeolit adanya kandungan kandungan yang disebar ke atom lainnya seperti Al dan juga Si sesuai hasil pengujian *SEM-EDX*

4.2.9 Hasil *SEM-EDX*

Tabel 4.1
Kandungan unsur *SEM-EDX*

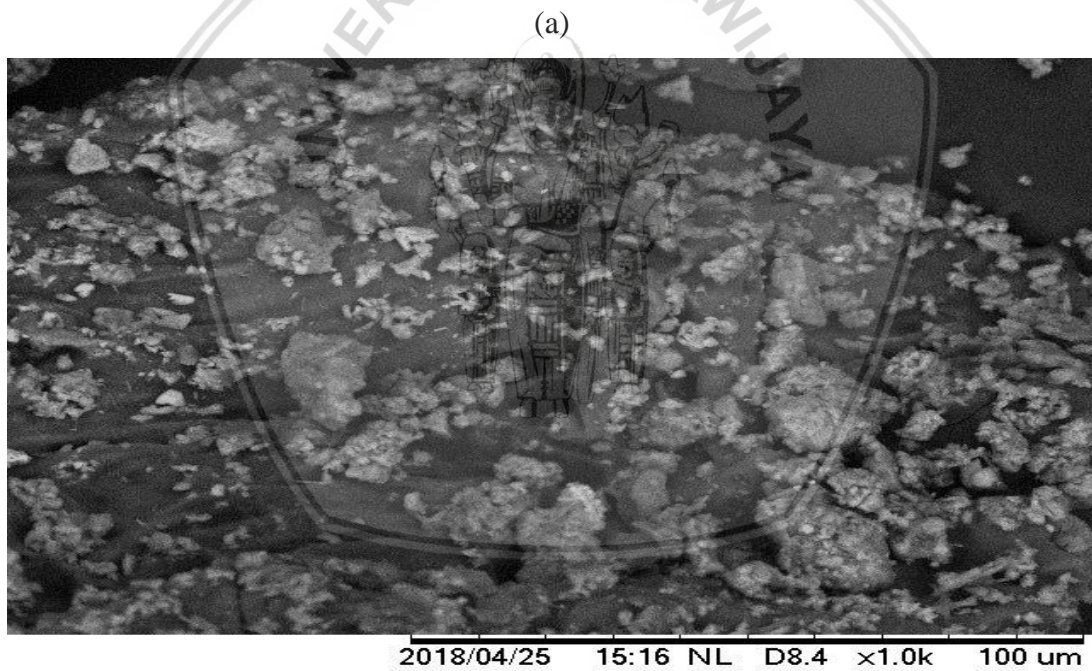
Keterangan	Temperatur	Kandungan Unsur (%)								
		C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
Tanpa Zeolit	350	63,31	29,504	-	1.372	-	-	1.694	3.201	-
	650	68.449	25.545	-	0.594	-	-	2.815	1.736	-
Zeolit	350	16,489	63,944	0,885	0,43	2,853	12,339	0,445	2,154	0,461
	650	58,978	33,571	0,139	0,354	0,502	2,165	0,256	0,14	1,871

Dari data *SEM-EDX* yang didapatkan kandungan unsur dalam *char* didalam pengujian pirolisis daun tembakau tanpa menggunakan zeolit dan juga menggunakan zeolit masing masing dengan temperature 350 dan 650. Dari data yang diperoleh ada salah satu kandungan yang dominan untuk menentukan proses pembakaran yaitu kandungan karbon. Dari data diatas semakin temperature meningkat maka kandungan karbon akan naik, karena semakin temperature tinggi maka senyawa senyawa yang ada dalam biomassa akan terurai dah berubah fase menjadi gas dan cairan yang menyebabkan kandungan karbon akan terkumpul di dalam bentuk padatan.

Namun hal ini berbanding terbalik terhadap oksigen yang semakin lama semakin menurun dikarenakan adanya karbonisasi yang mengakibatkan kandungan karbon meningkat sementara kandungan dari oksigennya menurun. Dibandingkan dengan yang tidak memakai zeolit disini terdapat unsur Al dan Si yang merupakan kandungan utama dari zeolit, karena senyawa telah terbagi ke dalam unsur unsur yang ada dalam zeolit maka di pirolisis daun tembakau kandungan C tanpa menggunakan zeolit lebih rendah.



vormula 2



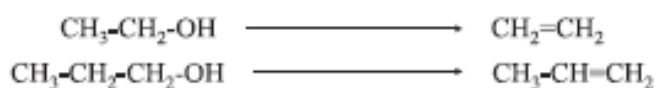
vormula 2

Keterangan : perbesaran 1000x

Gambar 4.9 Foto residu padat hasil pengujian SEM-EDX (a) 350°C zeolit, (b) 650°C zeolit

Jadi dari gambar diatas terdapat perbedaan dari suhu 350 dan juga 650. Dari gambar tampak terlihat untuk yang suhu lebih tinggi yaitu 650 lebih tidak rata dibanding dengan 350, hal ini semakin tinggi suhu maka pemecahan yang terjadi pada senyawa biomassa

semakin banyak yang artinya ketika dilihat di mikrostruktur semakin terlihat kasar karena senyawa senyawa lebih terdekomposisi ke bentuk yang lebih sederhana. Selain itu zeolit disini akan bereaksi dengan biomassa yaitu ketika zeolit di aktivasi akan membuka pori pori yang semakin lebar yang nanti akan mengisi ruang ruang kosong yang ada pada biomassa yang menyebabkan luas permukaan yang menggunakan zeolit akan semakin padat yang mengakibatkan massa *char* apabila ditimbang akan lebih berat daripada yang tidak menggunakan pirolisis.



Gambar 4.10 Reaksi dehidrasi

Pada hasil SEM-EDX dijelaskan bahwa adanya reaksi dehidrasi pada H₂O yaitu pada gugus hidroksida atau OH⁻ yang semakin tinggi temperature dinaikkan maka kandungan biomassa akan mengalami dehidrasi air yang mengakibatkan kandunga-kandungan dari O akan menurun. Hal ini sesuai dari uji SEM-EDX yang menyebabkan pengurangan O dari suhu 350°C sampai 650°C yang menyatakan semakin sedikitnya kandungan presentase dari O

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ditambahkannya zeolit 25% ke dalam campuran biomassa daun tembakau saat pirolisis mempengaruhi produk *tar* yang dihasilkan, yaitu massa tertinggi 23,66 gr dengan volume 25 ml naik 16,2% dibandingkan yang tidak memakai zeolit. namun untuk *char* paling sedikit yaitu dengan massa 20,31 gr dengan volume 190 ml turun 51% dibandingkan yang tidak memakai zeolit. Untuk Nilai kalor dari *tar* dan tertinggi yaitu 368,908 kcal/kg turun 89% dibandingkan yang tidak memakai zeolit. Dan 2866,27 kcal/kg turun 21% dibandingkan yang tidak memakai zeolit. Sedangkan dari massa jenis baik *tar* dan *char* terendah yaitu 0,93 gr/cm³ turun 3% dibandingkan yang tidak memakai zeolit dan 0,1 gr/cm³ turun 2,1% dibandingkan yang tidak memakai zeolit, viskositas *tar* terendah yaitu 13,846 cst turun 2,9% dibandingkan yang tidak memakai zeolit, dan flash point *tar* terendah yaitu 30°C turun 19% dibandingkan yang tidak memakai zeolit.
2. Dengan hasil uji *SEM-EDX* yang telah dilakukan didapatkan kandungan-kandungan atom-atom yang terdapat dalam *char*, diantaranya kandungan C tertinggi yaitu sebesar 58,978% Kandungan O terendah yaitu 33,571%.

5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya diharapkan memperbaiki alat pirolisis yang akan digunakan agar hasil yang didapatkan maksimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mempelajari refrensi tentang tembakau yang digunakan supaya bisa memilah jenis tembakau mana yang cocok untuk dipakai penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Ar-Rasyid, Maulana Harun. 2017. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Komposisi Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni dengan Penambahan Zeolit 50% wt. Skripsi. Universitas Brawijaya
- Bambang. 2016. Statistik Perkebunan Indonesia 2015-2017 *Tree Crop Estate Statistics of Indonesia*. Direktorat Jenderal Perkebunan. Tembakau
- Basu, Prabir. 2010. *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. Elsevier
- Brownsort, Peter A. 2009. *Biomass Pyrolysis Processes Review of Scope, Control and Variability*. Newcastle University and The University of Edinburgh. *Journal of Heat and Mass Transfer Research*
- Cengel, Yunus. A dan Cimbala, John M. 2006. *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*. The University of Nevada, Reno and The Pennsylvania State University. University Park
- Dermanto, Lukman. 2008. Studi Komparansi Kinerja Mesin pada Mesin Diesel. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Dhyani, Vaibhav dan Thallada Bhaskar. 2017. A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass. *Journal Renewable Energy*
- Hadjar, Goenadi Didik. 2004. Teknologi Pengolahan Zeolit Menjadi Bahan yang Memiliki Nilai Ekonomi Tinggi. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia (LRPI). *Journal of Indonesian Zeolites*
- Hakim, Arief Rahman. 2017. Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Produk Char Pada Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni dengan menggunakan Katalis Zeolit 75%. Skripsi. Universitas Brawijaya
- Hamid, Rusdianto .2016. Penanganan Limbah Plastik dengan Teknologi Pirolisis dan Biodegradasi dengan bakteri *Pesudomonas SP*.
- Jahirul, M.I., Rasul, M.G., Chowdhury, A.A. 2012. *Biofuels Production through Biomass Pyrolysis-A Technological Review*. Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland 4000, Australia.
- Kementrian ESDM. 2006. Statistik Cadangan Minyak Bumi dari tahun ke tahun.
- Las, Thamzil. 2004. Penggunaan Zeolit Dalam Bidang Industri dan Lingkungan. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif-BATAN PUSPITEK. *Journal of Indonesian Zeolites*

- Miskolczi, N. 2017. *Thermo-catalytic two-step pyrolysis of real waste plastics from end of life vehicle*. University of Pannonia. *Hungarian Journal Pyrolysis and catalytic cracking Method*
- Pradipa, Abiyu. 2012. Tembakau berpotensi menjadi sumber energi terbarukan
- Sadeghbeigi, Reza. 2012. *Fluid Catalytic Cracking Handbook, And Expert Guide to Practical Operation, Design, and Optimization of FCC Units*.
- Santoso, Joko 2010. Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta,
- Shaaban, A dan Se, Sian-Meng. 2013. *Characterization of Biochar Derived from Rubber Wood Sawdust through Slow Pyrolysis on Surface Porosities and Functional Groups*. Unicersit Teknikal Malaysia Melaka. *The Malaysian Iternational Tribology Conference, MITC*
- Suhendi, Endang. 2012. Pirolisis Limbah Batang Daun Tembakau. Skripsi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Tripathi et al. 2015. *Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review*. *Jurnal Renewble and Sustainble Energy Reviews* 55: 467-481
- Wardana, I.N.G. 2008. Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran. PT. Danar Wijaya. *Brawijaya University Press*
- Wiratmaja, I Gede. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. Universitas Udayana. Bali.
- Utomo, Prasetyo Budi dan Sasmita, Ferry. 2010. Pirolisis Limbah Serbuk Kayu dengan Katalis Zeolit. Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"

